RESET

GREENBOOK²

Satelliten und Drohnen

Wertvolle Helfer im Umwelt- und Klimaschutz

gefördert durch

DBU

Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

INHALTSVERZEICHNIS

4 **Editorial**

KAP. 01 7 **Einführung**
8 Eine neue Ära in der Weltraumbranche
10 Künstliche Intelligenz treibt Entwicklungen voran
11 Satelliteneinsatz im Umwelt- und Klimaschutz
12 Unternehmen und Startups mit nachhaltiger Satellitenmission
12 Förderungen nachhaltiger Startups

KAP. 02 14 **Klimaschutz - Unsichtbares sichtbar machen**
17 SkyTruth zieht Öl- und Fracking-Unternehmen zur Rechenschaft
20 Cop4SDGs: Monitoring der UN-Nachhaltigkeitsziele

KAP. 03 22 **Energiewende - Mit Satellitenaufnahmen den optimalen Standort finden**
25 Wie Glint Solar und Village Data Analytics beim Ausbau erneuerbarer Energien helfen

KAP. 04 28 **Meeresschutz - Mit Satelliten auf und unter die Wellen schauen**
31 Hochauflösende Satellitenbilder helfen beim Aufspüren von Ozeanplastik
33 Versauerung der Ozeane vom Weltraum aus erkennen

KAP. 05 36 **Artenschutz - Tiere zählen aus dem All**
39 ICARUS: Verhaltensbeobachtung von Tieren durch Minisender und Satelliten
41 GlobalFishingWatch: Fischmonitoring von oben

KAP. 06 44 **Waldschutz - Hotspots der Entwaldung schneller erkennen**
47 Global Forest Watch zeigt den Zustand der Wälder in Echtzeit – und hilft sie zu schützen
50 Green City Watch: Ein digitaler Gesundheitscheck für Stadtbäume
53 Interview: Das EcoVision Lab will die weltweite Biomasse kartieren

KAP. 07
60 **Landwirtschaft - Precision Farming mit Felddaten**
63 SmartCloudFarming: 3D-Bodenkarten machen Landwirtschaft umweltfreundlicher
65 AfriScout: Mit dieser App finden Hirt*innen in Afrika Weideland

KAP. 08
66 **Menschenrechte und humanitäre Hilfe - Die Situation von oben erkunden**
69 Hilfsorganisationen setzen auf Erdbeobachtung und künstliche Intelligenz
72 Amnesty Decoders: Online-Aktivist*innen decken Umweltschäden und Menschenrechtsverletzungen auf

KAP. 09
74 **Exkurs: Drohnen - Beobachter, Transporter und Helfer im Umweltschutz**
77 Drohnen in Deutschland und weltweit – ein Überblick
79 Drohnen im Einsatz für eine nachhaltige Entwicklung
80 Air Shepherd schützt Nashörner und Elefanten vor Wilderei
81 Drohnen und KI erkennen Plastikmüll in Flüssen und Meeren
82 Dronecoria: DIY-Drohnen als Saathelfer
83 Medizinische Hilfsgüter kommen auf dem Luftweg in entlegene Regionen
84 Drohnen bringen informelle Siedlungen auf die Landkarte
85 Zusammenfassung: Viele Facetten einer Technologie
86 Risiken und Einschränkungen für eine nachhaltige Nutzung

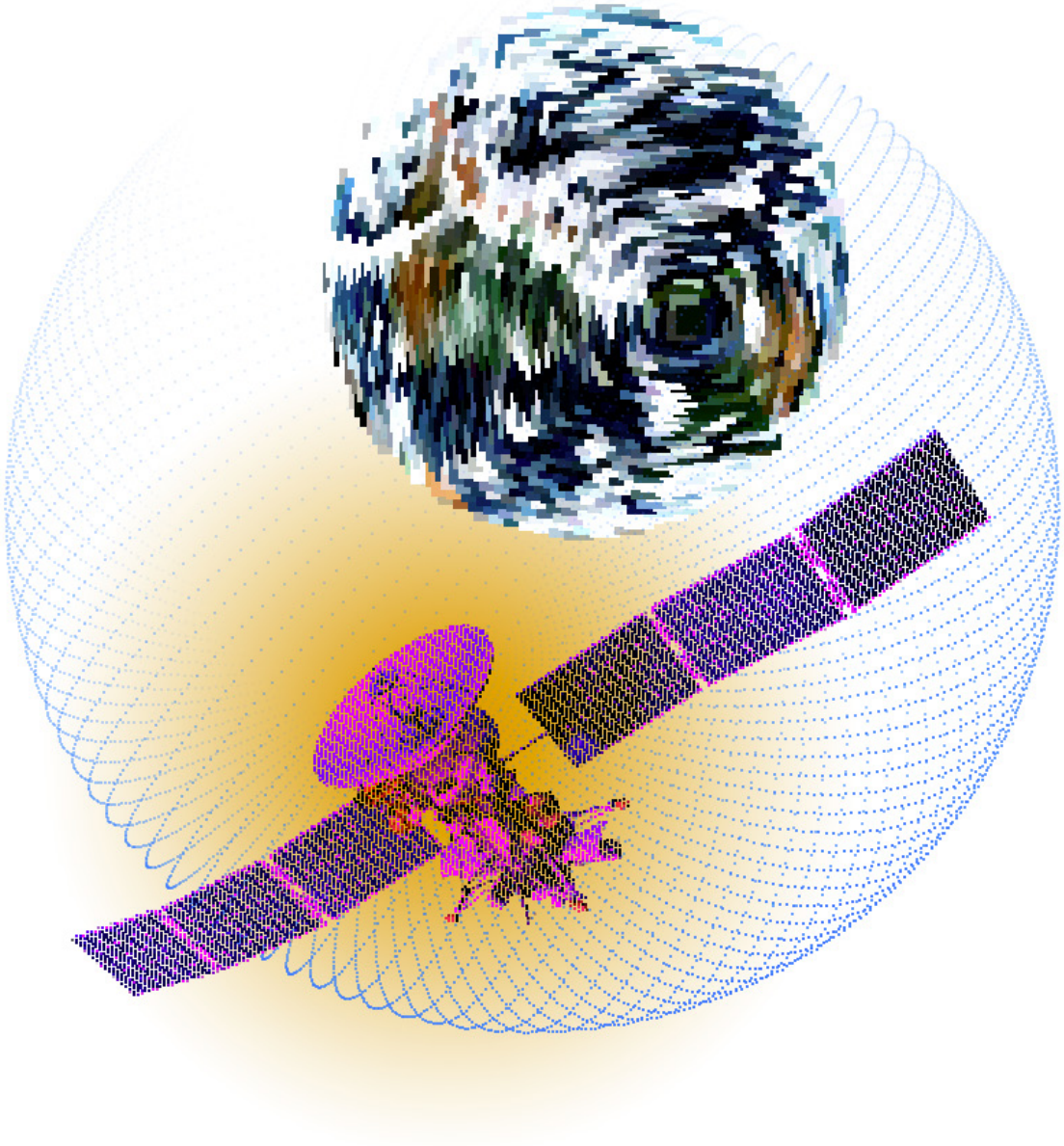
KAP. 10
88 **Nachhaltige Luft- und Raumfahrt: Schattenseiten und Lösungsansätze**
91 Interview: Clean Space Initiative – Die ESA will die Raumfahrt nachhaltiger gestalten, Luisa Innocenti (Clean Space Initiative)
95 Interview: Weltraumschrott – Können wir eine Müllhalde im Orbit verhindern? Holger Krag (ESA)
102 „Big Business“ mit den Daten aus dem All
103 Interview: Wie problematisch sind Satelliten und Drohnen aus Datenschutz-perspektive? Marit Hansen (Landesbeauftragte Datenschutz, Datenethikkommission)
109 Astronautenblick für alle: Wie werden die Erdbeobachtungsdaten der ESA leichter zugänglich?

114 **Summary**

122 **Handlungsempfehlungen und Ausblick**

124 **Quellenverzeichnis und Links**

130 **Impressum**



// Wenn wir auf die Erde aus dem Weltraum herabschauen, sehen wir diesen erstaunlichen, unbeschreibbar schönen Planeten – der wie ein lebender, atmender Organismus aussieht. Aber gleichzeitig sieht sie sehr verletzlich aus. //

// RON GARAN, EHEMALIGER US-AMERIKANISCHER ASTRONAUT, IM FILM „OVERVIEW“ //

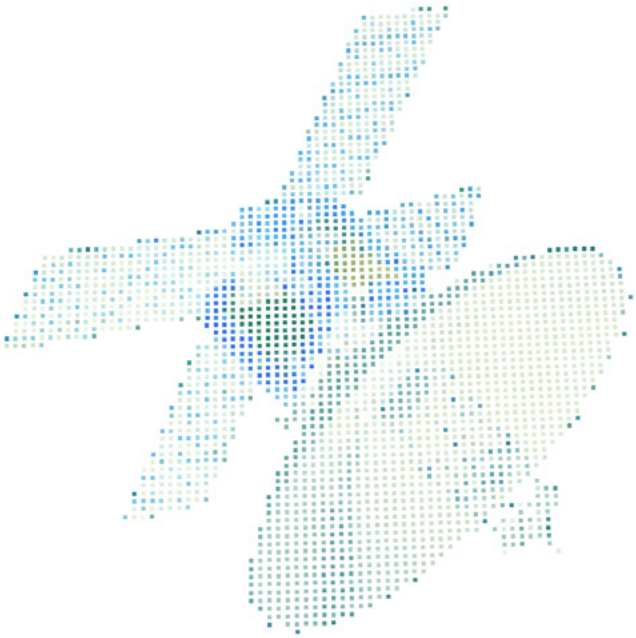
Liebe Leserin, lieber Leser,

Zu Beginn der Raumfahrt waren Bilder unseres Heimatplaneten noch eine Sensation und lösten bei den Menschen, die aus dem All auf die Erde blickten, intensive Emotionen aus. Und auch heute noch berichten viele Raumfahrer*innen von einem Gefühl der Ehrfurcht, einem tiefen Verstehen der Verbundenheit allen Lebens auf der Erde und einem neuen Empfinden der Verantwortung für unsere Umwelt. Dieses Phänomen wird auch als Overview-Effekt bezeichnet, geprägt durch das gleichnamige Buch von Frank White[1] aus dem Jahr 1987.

Auch wenn die meisten von uns niemals eine Astronautenperspektive einnehmen werden, so hat heute jede*r von uns ein genaueres Bild unseres Planeten als jemals zuvor. Tausende Satelliten ermöglichen mit ihrem permanenten Bilder- und Datenstrom aus dem Orbit genauso umfassende wie immer detailreicher werdende Einblicke. Und längst sind sie unverzichtbare Stützen unserer Kommunikation und der Navigation.

Große Entwicklungsschübe in der Technologie haben in den letzten Jahren die gesamte Branche umgekrempelt und zu erstaunlichen Erkenntnisse geführt. Forschende entdeckten vom Weltraum aus zum Beispiel vor kurzem elf bisher unbekannte Pinguin-Kolonien[2] und überraschenderweise Milliarden von Bäumen in einer der trockensten Regionen der Welt[3]. Für Schlagzeilen gesorgt hat auch die Aufdeckung von Menschenrechtsverletzungen an der uigurischen Bevölkerung in der chinesischen Region Xinjiang[4]: Mithilfe von Satellitendaten wurden dort hunderte Hochsicherheitslager identifiziert, in denen schätzungsweise bis zu einer Million Angehörige der muslimischen Minderheit interniert sind.

Mit einem Instrumentarium, das sich stetig verfeinert und neue Details messen kann, liefern die stillen Flugobjekte nicht nur überraschende Erkenntnisse und unterstützen uns in der Kommunikation und Navigation auf der Erde, sondern sie erfüllen immer mehr Aufgaben in der Umwelt- und Klimaforschung. Und indem sie Entwaldung, Plastikverschmutzung und Umwelt-



veränderungen sichtbar machen, helfen sie, unseren Planeten besser zu schützen.
Noch übt die Raumfahrt und alles, was mit ihr verbunden ist, eine besondere Faszination auf viele Menschen aus – wegen des großen Unbekannten, der unendlichen Weite – aber auch aufgrund des Blicks von außen auf unseren Heimatplanet. Genau in dieser „Außenperspektive“ steckt ein großes Potenzial für den Umwelt- und Klimaschutz. Das wollen wir mit diesem Dossier näher beleuchten.

Noch näher heran zoomen kleine, unbemannte Flugobjekte: Drohnen. Und während sie den erdnahen Luftraum abfliegen, nehmen sie nicht nur sehr detailreiche Bilder auf, sondern sie können – im Gegensatz zu Satelliten – auch aktiv in das „Geschehen“ am Boden eingreifen und zum Beispiel kleinere Waren transportieren oder Saatgut streuen.

Können Satelliten und Drohnen mit ihren Möglichkeiten also zu einer nachhaltigen Entwicklung beitragen? So viel vorneweg: Ja, das können sie. Für das *Greenbook 2* haben wir untersucht, auf welche Weise und in welchen Bereichen Satelliten und Drohnen einen Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz, für Menschenrechte und in der humanitären Hilfe leisten können. Aber auch die kritischen Aspekte der Technologie wie Weltraumschrott und Überwachung werden in dieser Publikation diskutiert und in Interviews mit Expert*innen genauer betrachtet.

Diese Publikation ist Teil einer Projekt-Förderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU), in deren Rahmen wir mehrere Dossiers zum Thema „Chancen und Potenziale der Digitalisierung für eine nachhaltige Entwicklung“ erstellen.

Auf den nächsten Seiten widmen wir uns den Sternstunden und Schattenseiten von Satelliten und Drohnen aus Nachhaltigkeitsperspektive.

Wir wünschen eine inspirierende Lektüre!

EINFÜHRUNG

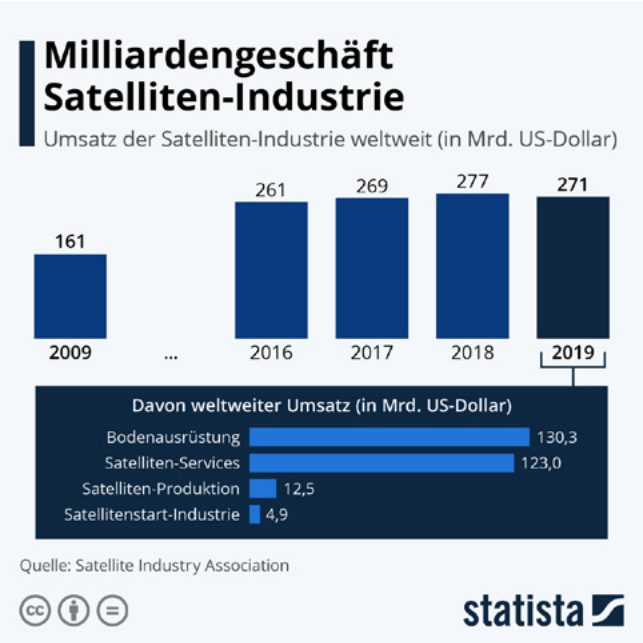
Im Februar 2021 kreisten knapp 6.250 Satelliten[5] um die Erde, 3.600 davon noch funktionsfähig – und nahezu täglich kommen neue hinzu.

Die Satellitenflotte des kalifornischen Unternehmens Planet, einem Vorreiter auf dem Gebiet der Fernerkundung, liefert kontinuierlich aktuelle Satellitenbilder der Erde. Die kleinsten Satelliten, Doves genannt, sind nicht größer als ein Schuhkarton und wiegen um die vier Kilogramm. Der Schwarm aus 175 Doves scannt unseren Planeten lückenlos mit einer Auflösung von drei bis fünf Metern, Planets größere SkySat-Satelliten können bis auf 80 Zentimeter auflösen.

Satelliten wie die von Planet, die sich als helle Lichtpunkte zwischen den Sternen bewegen, sind für uns ein selbstverständliches Bild am Nachthimmel geworden. In unserem Alltag sind viele der Informationen und Services der Erdtrabanten unverzichtbar geworden. „Die Hälfte der Apps auf unseren Smartphones zum Beispiel hängen mit Daten aus dem Weltraum zusammen. Das kann die Fernsehübertragung sein, das Telefongespräch selber, die Wettervorhersage und natürlich die Navigation“, betont Holger Krag, der bei der europäischen Raumfahrtagentur (ESA) das Programm für Weltraumsicherheit leitet, im Interview mit RESET.

Unternehmen wie Space X und Amazon planen, in den kommenden Jahren zehntausende Klein-Satelliten ins All zu schicken. Das Geschäft mit den Satellitendiensten scheint lukrativ zu sein, worauf auch diese Zahlen hinweisen: **Von 2009 bis 2019 ist der weltweite Umsatz der Satellitenindustrie von 161 auf rund 271 Milliarden US-Dollar angestiegen.**

Die Weltraumbranche ist aktuell also ordentlich in Bewegung. Was aber steckt hinter diesen Entwicklungen?



Credit: Statista

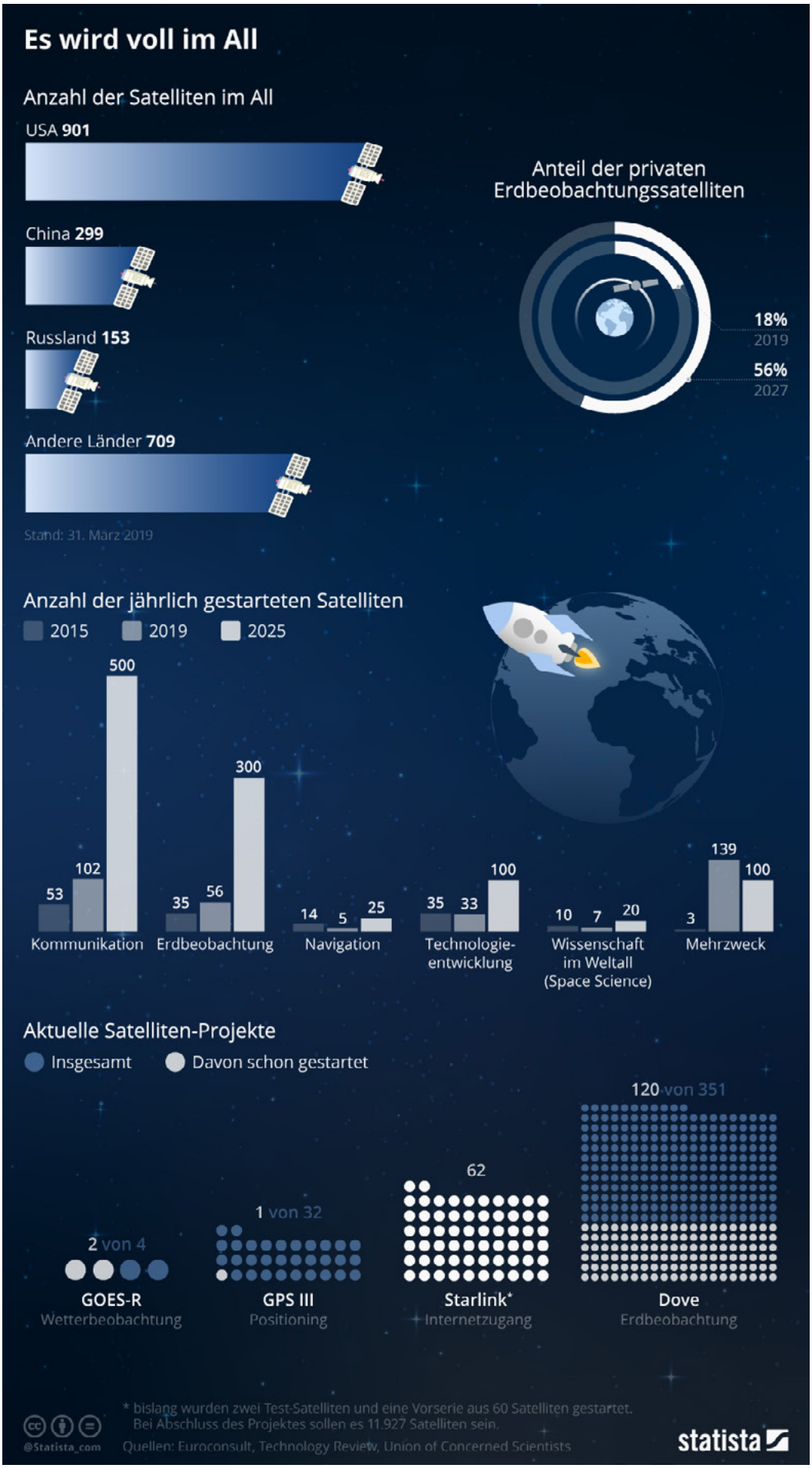
→ Eine neue Ära in der Weltraumbranche

Jahrzehntelang war die Bauweise der oft mehr als zwei Tonnen schweren Satelliten und der Transport ins All so aufwendig und teuer, dass nur wenige Weltraumorganisationen und Unternehmen auf dem Gebiet mitmischen konnten. Doch jetzt erobern kleine Trabanten, wie zum Beispiel die würfelförmigen Cubesats, zu denen auch die Doves von Planet gehören, den Orbit. Geschrumpfte Schaltkreise, hochauflösende Mini-Kameras, immer leistungsfähigere Batterien und Solarzellen machen das möglich. **Die Mini-Satelliten sind meistens zwar limitierter in ihren Fähigkeiten, dafür aber nur wenige Kilogramm schwer und schon ab einer Größe von zehn Zentimetern tauglich für eine Mission im All.**

Die Leichtgewichte können problemlos in großen Mengen in den Orbit transportiert werden; Planet zum Beispiel hat seit 2014 mittlerweile 331 Erdbeobachtungssatelliten in die Umlaufbahn gebracht, 150 davon allein 2018, jeder Satellit kaum schwerer als fünf Kilo. Auch in Europa ist man nicht untätig: Im Rahmen des europäischen Copernicus-Programms wurden seit 2014 sechs erdgebundene Beobachtungssatelliten, die sogenannten Sentinels, auf verschiedenen Umlaufbahnen ausgesetzt, innerhalb des nächsten Jahrzehnts soll die Flotte auf 30 erweitert werden.

Viele der Satelliten reisen heutzutage per Anhalter ins All, denn beim Start großer Satelliten oder anderer Weltraummissionen verkaufen Raketenbetreiber Mitfluggelegenheiten. Das minimiert die Startkosten enorm und ist insbesondere für kleinere Satellitenbetreiber eine Eintrittspforte ins All. Zudem arbeiten neben SpaceX auch Startups wie Rocket Lab[→6] daran, den Transport von Satelliten mit kleinen, neuartigen Raketen noch günstiger zu machen. Bei der Rakete von Rocket Lab haben die Konstrukteure auf jeglichen Schnickschnack verzichtet. Sie kann zwar nur 150 Kilogramm transportieren, für Cubesats reicht das jedoch aus. Beim zweiten Testflug im Januar 2018 hat die Rakete bereits drei Mini-Satelliten ins All befördert. Auch die Unternehmen Vulcan Aerospace des Microsoft-Mitgründers Paul Allen und Virgin Orbit des britischen Milliardär Richard Branson mischen auf dem Markt mit. Und Marco Fuchs, Chef des Bremer Mittelständlers OHB, will mit seinem Unternehmen einen ganz schlichten Microlauncher bauen, der bis zu 200 Kilogramm schwere Satelliten günstig in den Weltraum bringen soll. Möglich geworden sind diese Entwicklungen jedoch nicht nur mittels neuer Technologien, sondern auch durch eine Öffnung innerhalb der Raumfahrt: „Die entscheidende Welle kam, als die NASA und dann auch die anderen staatlichen Stellen in Amerika auf private Anbieter gesetzt haben", sagt Marco Fuchs, Chef des Bremer Raumfahrt- und Technologiekonzerns OHB, im Interview mit der Zeit[→7]. „Die traditionellen Industrien waren offenkundig nicht dynamisch genug. Es gab keinen Wettbewerb. Mittlerweile haben sich die NASA und die Air Force, die die ganzen militärischen Satelliten startet, geöffnet. Sie waren bereit, Elon Musk, aber auch andere einzuladen und am Ende auch Aufträge zu vergeben."

Marcus Apel, Strategiechef für Europa beim kalifornischen Startup Planet berichtet gegenüber Heise[→8], dass sich in den letzten Jahren zudem eine komplett neue Denkweise durchgesetzt hat. „Agile Aerospace" nennt er das Prinzip, also agile Luft- und Raumfahrt. In der Praxis bedeutet das, dass, anstatt viel Zeit und Geld in jahrzehntelange Entwicklungen zu investieren, die neuen Raumfahrtunternehmen bei ihren Projekten Mut zur Lücke – und damit auch zum Scheitern – zeigen. Auch Marco Fuchs sagt ähnliches: „Damals war SpaceX eine Ansammlung von Garagen. Beim ersten Besuch gingen wir von einem Hinterhof in den nächsten. An der einen Ecke haben sie am Triebwerk geschraubt,



Credit: Statista

an der anderen Ecke die Tanks gebaut, und hinten stand einer mit einem Computer und hat die Software für die Bordelektronik geschrieben. In der traditionellen Raumfahrt hätten wir alle in Schutzanzügen den Reinraum betreten. Dort wurde mir klar: Wenn man so schlicht und einfach Raumfahrt betreiben kann, ändert das die ganze Branche. Und genau so kam es."

Internet aus dem All
SpaceX will mithilfe eines Satelliten-Netzwerks im nahen Erdorbit weltweit Internet anbieten. Bis zu 42.000 rund 260 Kilogramm schwere Satelliten sollen dazu auf fixe Umlaufbahnen gebracht werden. Seit 2018 werden immer wieder neue Satelliten-Pakete ins All befördert. Auch andere Anbieter wie OneWeb aus London und das von Amazon finanzierte Kuiper-Projekt mischen beim Internet aus dem All mit. Ob damit auch die Bevölkerung in Ländern des globalen Südens erreicht wird bzw. sich diesen Service leisten kann, ist allerdings fraglich.

Aus unserem Alltag sind die Satelliten schon lange nicht mehr wegzudenken; sie füttern unsere Smartphones mit GPS-Daten und der Wettervorhersage genauso wie unsere Navigationsgeräte mit Verkehrsdaten. **Industrie und Unternehmen gehen davon aus, dass der Markt für Satelliten in den kommenden Jahren weiter massiv wachsen wird.** Wie BDI-Chef Dieter Kempf gegenüber Reuters[→9] bekräftigt, sind Satelliten- und Weltraumtechnik „eine Schlüsseltechnologie für die gesamte Industrie. Wir beginnen gerade erst, die Potenziale zu erahnen." Längst ist ein Gerangel um den Zugang ins All entstanden. Auch in Deutschland fordert der Bundesverband der Industrie (BDI)[→10] einen eigenen Weltraumbahnhof für Satelliten, um beim Satellitenboom der nächsten Jahre mithalten zu können.

→ Künstliche Intelligenz treibt Entwicklungen voran

Viele der Daten, die uns täglich aus dem All erreichen, wären ohne eine weitere Entwicklung kaum brauchbar: Die rasanten Fortschritte auf dem Gebiet der künstlichen Intelligenz (KI)[→11].

Die Sichtung, Auswahl und Auswertung der Flut an qualitativ hochwertigen Satellitenbildern und -informationen ist eine enorm zeitaufwändige Aufgabe und von menschlichen Arbeitskräften kaum

effizient zu bewältigen. Allein Planet erstellt Tag für Tag knapp 1,5 Millionen Satellitenaufnahmen, rund sieben Terabyte an Daten kommen dabei zusammen. „Das kann niemand mehr händisch analysieren“, sagt Damian Borth, Abteilungsleiter Deep Learning beim Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) in Kaiserslautern[12].

KI-Systeme können jedoch darauf trainiert werden, bestimmte Strukturen in Satellitenbildern zu erkennen und Unmengen an Daten in kürzester Zeit verarbeiten. Die automatische Bilderkennung und -auswertung spielt dabei eine immer größere Rolle.

Planet und andere Unternehmen haben die Möglichkeiten von KI-Systemen erkannt und wandeln sich mithilfe maschinellen Lernens von reinen Anbietern von Satellitenbildern zu „intelligenten Informationslieferanten“, die ihre Daten passgenau liefern. Auch in den Anwendungsfällen in dieser Publikation kommt KI vielfach zum Einsatz.

→ Satelliteneinsatz im Umwelt- und Klimaschutz

Erdbeobachtungssatelliten umkreisen bereits seit über fünfzig Jahren unseren Planeten, doch ihr Einsatz im Natur- und Umweltschutz ist vergleichsweise neu. Das hat einerseits damit zu tun, dass sich seit dem Start der ersten Erdbeobachtungssatelliten die technischen Fähigkeiten zur Fernerkundung deutlich verbessert haben. Ein Satellit der jüngsten Generation, wie zum Beispiel der 2015 fertiggestellte Sentinel-2A des Copernicus-Programms der Europäischen Union, rast in einer Höhe von 786 Kilometern um die Erde und nimmt einen 290 Kilometer breiten Streifen der Erdoberfläche nach dem anderen auf. Für eine Erdumrundung benötigt er nur etwa 100 Minuten, daher passiert er jeden Ort alle zehn Tage. Niemals konnte ein Satellit so schnell so große Gebiete auf der Erde in einer so hohen Qualität und Farbigkeit fotografieren. Dabei reichen die 13 abgedeckten Farbspektren vom sichtbaren Bereich bis in das für das menschliche Auge unsichtbare Infrarotspektrum. So kann die Kamera beispielsweise erkennen, wie hoch der Chlorophyll- oder Wassergehalt in Pflanzenblättern ist.

Zwei andere Satelliten (Sentinel-3A und 3B), die im Rahmen des Copernicus-Programms entwickelt wurden, erkunden unsere Ozeane und ermitteln kontinuierlich die Höhe des Meeresspiegels, die Temperatur der Land- und Meeresoberflächen sowie die unterschiedlichen Chlorophyll- und Schwebstoffgehalte der Meere. ESA plant den Bau weiterer Satelliten in den nächsten Jahren, Verträge dazu sind bereits unterzeichnet[13].

Amazonia-1 wacht über den brasilianischen Regenwald

Amazonia-1 wurde im Februar 2021 als erster Satellit vollständig am brasilianischen Institut für Weltraumforschung (INPE) entwickelt und soll Forschenden künftig häufigere Updates über die Abholzung und landwirtschaftlichen Aktivitäten im größten tropischen Regenwald der Welt liefern. Während der US-Satellit Landsat nur alle 16 Tage das Gebiet überfliegt, schickt Amazonia-1 alle ein bis zwei Tage neue Bilder und erhöht damit die Chance, schnellere Warnungen an Behörden senden zu können. Doch die Mission ist mit vielen Herausforderungen verbunden; brasilianische Wissenschaftler*innen kämpfen mit massiven Kürzungen der staatlichen Forschungsgelder[14].

Der überwiegende Teil der Akteure im Umwelt- und Klimaschutz und der diesbezüglichen Forschung macht sich die Daten der großen Erdbeobachtungsprogramme der staatlich finanzierten Raumfahrtorganisationen zunutze, wie das Copernicus-Programm der ESA oder das Landsat-Programm der NASA, da diese einen Großteil ihrer Daten frei zugänglich machen. Dies zeigen auch die Beispiele in dieser Publikation.

Doch auch Unternehmen wie Planet oder Maxar veröffentlichen einen Teil ihrer Bilder unter Creative-Commons-Lizenz. Mit einem Account bei Planet können Nutzer*innen den „Planet Explorer" verwenden, um sich Satellitenbilder von Interesse anzeigen zu lassen. Planet hat nach eigenen Angaben Abnehmer*innen der Daten in mehr als hundert Ländern.

Dazu kommt, dass der vereinfachte und wesentlich günstiger gewordene Zugang zum Weltraum es auch besser finanzierten gemeinnützigen Organisationen ermöglicht, ihre eigenen Erdtrabanten in den Orbit zu bringen. Der Environmental Defense Fund (EDF), eine US-amerikanische Umwelt-NGO, plant zum Beispiel, bis 2021 einen eigenen Satelliten zu starten, der Methanemissionen messen soll, das aus Öl- und Gasförderanlagen weltweit austreten[→15].

→ Unternehmen und Startups mit nachhaltiger Satellitenmission

In den letzten Jahren hat sich eine vielfältige Startup-Szene rund um private Raumfahrtprojekte entwickelt. Diesen bietet das Bundeswirtschaftsministerium mit der „Start-up Night! Luft und Raumfahrt" seit 2015 eine bundesweite Bühne. Auch bei den Anträgen für das EXIST-Gründerstipendium und den EXIST-Forschungstransfer ist der Anteil von Gründungsteams im Bereich Luft- und Raumfahrt in den letzten Jahren gestiegen (vgl. BMWi, 2017)[→16].

Doch **Startups, die auf Grundlage von Satellitendaten und -diensten nachhaltige Geschäftsideen entwickeln, sind noch immer rar.** Eine Schlagwortsuche in der Datenbank Crunchbase nach Unternehmen und Startups, die Satellitendaten im Zusammenhang mit Nachhaltigkeit anwenden, ergab, dass von insgesamt 2.781 aufgelisteten Unternehmen mit allgemeinen Bezug zu Satelliten nur 56 einen Nachhaltigkeitskontext hatten[→I].

Dennoch haben die jüngsten Entwicklungen in der Weltraumbranche auch für Schub bei Forschungsinstitutionen, Startups und NGOs im Nachhaltigkeitsbereich gesorgt, wie die Anwendungsbeispiele in den Bereichen Klimaschutz, Energiewende, Meeresschutz, Artenschutz, Waldschutz, Landwirtschaft und Menschenrechte und humanitäre Hilfe in diesem Dossier zeigen.

→ Förderungen nachhaltiger Startups

In der Digitalagenda[→17] des Bundesumweltministeriums (BMU) und in verschiedenen anderen Publikationen wird auf das Potenzial von Satelliten für den Umwelt- und Klimaschutz hingewiesen. So

> Veränderungen von Landoberflächen, Meeren und der Atmosphäre werden bei der Beobachtung aus dem All sichtbar. Damit können Maßnahmen zum Schutz von Umwelt und Klima optimiert werden. Bei Katastrophen wie Erdbeben und Hochwasser verschaffen Satelliten zudem schnell einen Lageüberblick und unterstützen so die Helfer vor Ort.
>
> BRIGITTE ZYPRIES

soll im Rahmen der Digitalagenda zum Beispiel ein Kompetenzzentrum zur Satellitenfernerkundung im UBA aufgebaut werden[→18] und im Bericht von Brigitte Zypries, der Koordinatorin für die deutsche Luft- und Raumfahrt ((BMWi, 2017)[→19] ist zu lesen, dass die Raumfahrt einen bedeutenden Beitrag

zum Umwelt- und Klimaschutz leiste: „Veränderungen von Landoberflächen, Meeren und der Atmosphäre werden bei der Beobachtung aus dem All sichtbar. Damit können Maßnahmen zum Schutz von Umwelt und Klima optimiert werden. Bei Katastrophen wie Erdbeben und Hochwasser verschaffen Satelliten zudem schnell einen Lageüberblick und unterstützen so die Helfer vor Ort."

Dennoch finden sich aktuell in Europa keine Programme, die speziell Startups und Unternehmungen aus der Luft- und Raumfahrt mit Nachhaltigkeitsbezug fördern. Mit den ESA Business Incubation Centers kommen Deutschland und Europa zumindest teilweise der Aufgabe nach, Entwicklungen von Satelliten für den Umwelt- und Klimaschutz zu unterstützen, indem junge Gründer*innen gefördert werden. Weitere allgemeine Förderungen - auf die sich auch Unternehmungen mit Umweltfokus bewerben können - sind aber auch über das DLR und Airbus möglich:

→ → ESA Business Incubation Centres

Die ESA hat das Programm Business Incubation Centres[→20] für innovative Gründer*innen ins Leben gerufen, um die Nutzung von Raumfahrttechnologien zu fördern. In Europa gibt es 20 ESA Business Incubation Centres an 60 Standorten. Jährlich werden dort bis zu 180 junge Unternehmen gefördert. Das Förderangebot umfasst die Betreuung bei der Realisierung von Geschäftsideen mit Bezug zu Weltraumtechnik (Zugang zu ESA Expertise, Weltraumtechnologien und technischen Einrichtungen sowie die fachliche und technische Beratung), einen Zuschuss in Höhe von 50.000 Euro sowie Zugang zu einem großem Business Ecosystem.

→ → Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) unterstützt in seiner Funktion als Forschungseinrichtung Startups im Rahmen seiner Ausgründungsstrategie ((DLR, 2019)[→21] mit dem Ziel, Wissen aus dem DLR zur wirtschaftlichen Anwendung zu bringen. Mit seinem Beteiligungskonzept unterstützt das DLR Spin-offs mit bis zu 500.000 Euro und steht Gründer*innen bei der Entwicklung von Geschäftsmodellen, der Vorbereitung relevanter Verträge und der Vernetzung mit Investoren zur Seite.

→ → Airbus BizLab

Das Airbus BizLab[→22] ist ein globaler Business Accelerator für die Luft- und Raumfahrt und unterstützt Projekte in der Frühphase im Rahmen eines sechsmonatigen Programms. Startups haben Zugang zu einer großen Anzahl von Airbus-Coaches und Expert*innen in verschiedenen Bereichen, kostenlosem Hosting und einem Demo Day. ●

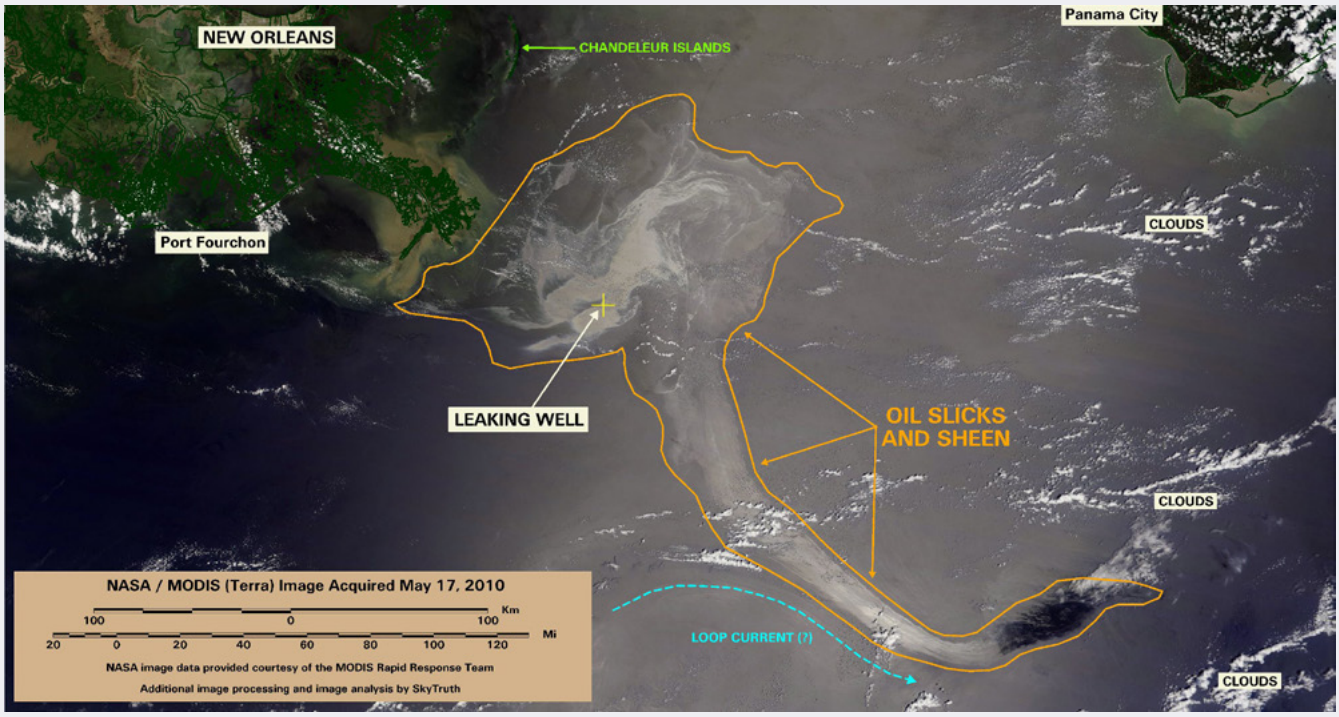
Förderprogramme für Satellitenprojekte mit KI-Anwendungen
Förderprogramme, die eine nachhaltige Digitalisierung insgesamt unterstützen, fördern mitunter auch Satellitenprojekte. Im Greenbook 1: Künstliche Intelligenz - Können wir mit Rechenleistung unseren Planeten retten (Reset.org, 2020)[→23] geben wir einen Überblick über Förderungen mit KI-Bezug.

Klima-schutz

Unsichtbares sichtbar machen

Klimaschutz – Unsichtbares sichtbar machen

Die Regulierung und Kontrolle der Schadstoffemissionen, die durch menschliche Aktivitäten entstehen, ist ein entscheidender Schlüssel, um den Klimawandel einzudämmen. Satelliten sammeln Daten über viele wesentliche Klimavariablen und decken Schadstoffquellen auf – ein wichtiger Schlüssel zum Verständnis der Veränderungen durch den Klimawandel und für die Klimapolitik.



Credit: SkyTruth

SkyTruth zieht Öl- und Fracking-Unternehmen zur Rechenschaft

In der Vergangenheit blieben Umweltzerstörung, Ölverschmutzungen oder illegale Fischerei oft unerkannt. Doch durch die Arbeit von SkyTruth werden NGOs und die Öffentlichkeit zu Umweltbeobachtern aus Vogelperspektive.

„If you can see it, you can change it“, so das Leitbild von SkyTruth[→24]. Die in den USA ansässige Organisation hat sich das Ziel gesetzt, Satellitenbilder zugänglicher und aussagekräftiger zu machen. Bekannt geworden ist die Organisation durch ihre Mitwirkung bei der Säuberung der BP-Ölkatastrophe im Jahr 2010. Doch zu den Einsatzgebieten von SkyTruth gehören auch das Aufspüren von Methanemissionen der Erdgasförderung, illegaler Fischerei oder Abholzung.

Auf Grundlage einer Reihe von Satelliten- und Fernerkundungstechnologien entschlüsselt das Team Muster in den visuellen Daten und hilft so Nutzer*innen, die Auswirkungen menschlicher Aktivitäten auf die Umwelt besser zu verstehen. „Manche Bilder bedürfen keiner Interpretation“, sagt SkyTruth-Gründer John Amos gegenüber RESET. „Sie zeigen so deutlich etwas, dass selbst ein Nicht-Experte verstehen kann, welche Geschichte das Bild erzählt. Das ist jedoch nicht immer der Fall – der Blick aus dem Weltraum ist für die meisten von uns wirklich fremd und abstrakt.“

SkyTruth berücksichtigt in seiner Arbeit verschiedene Arten von Satellitenbildern; einige erfassen einfach Bilder aus dem Teil des elektromagnetischen Spektrums, der für das menschliche Auge sichtbar ist. Andere nutzen Infrarottechnologie oder Sensoren, die Radarenergie hinunterstrahlen und messen, was auf sie zurückprallt, um chemische Elemente zu entschlüsseln. Letztere Methode ist besonders wichtig, um Chemikalien in der Luft aufzuspüren. Atmosphärische Gase wie Ozon, Wasserdampf und Stickstoffdioxid – und auch wichtige industrielle Schadstoffe wie CO2, Methan und Schwefeldioxid – können durch ihren „Fingerabdruck" bei der Sonnenlichtabsorption identifiziert werden. Da jede Substanz die Transmission des Sonnenlichts bei bestimmten Wellenlängen blockiert, können Satelliten messen, wo im spektralen Frequenzband die Sonnenstrahlung ausfällt.

Satellitenbilder zugänglich und aussagekräftig machen

Damit ermöglichen es die Entwicklungen in der Satellitentechnologie, die Quellen von Schadstoffen wie Methan bis hinunter zu einzelnen Anlagen und Kraftwerken zu lokalisieren – und mit diesen Informationen kann die Industrie zur Verantwortung gezogen werden. Amos will mit SkyTruth dazu beitragen, mit den Entwicklungen in der Satellitentechnologie Schritt zu halten und sie für den Naturschutz einzusetzen.

Die Satellitendaten bezieht SkyTruth aus den Erdbeobachtungsprogrammen verschiedener Raumfahrtorganisationen, wie dem Landsat-Programm der NASA, dem Sentinel-Programm der ESA und aus den „Doves" genannten Satelliten von Planet.

Nachdem SkyTruth die Datensätze erfasst hat, müssen die Daten entschlüsselt werden, um sie Forschenden, Nicht-Fachleuten und der allgemeinen Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Amos sieht SkyTruth als eine Art Dolmetscher zwischen „Datenschwaden aus dem All" und Bürger*innen. „Ich war motiviert, SkyTruth zu starten, weil ich wollte, dass jeder, dem die Umwelt am Herzen liegt, selbst sehen kann, wie menschliche Aktivitäten die Umwelt verändern", erklärt er.

Bluefield lokalisiert Methanemissionen aus dem All

Das Startup Bluefield[→25] hat einen Algorithmus zur Emissionserkennung[→26] entwickelt, der kontinuierlich die Daten von Sentinel-5P der ESA nach Methanemissionen analysiert. Ein eigener, noch genauerer Methan-Sensor soll folgen. „Sobald wir diese Art von Mikrosatelliten zur Methanverfolgung haben, die die Emissionsquelle bis hinunter zum [Öl- oder Gas-]Bohrlochkopf lokalisieren, gibt es keine Fragen mehr dazu, woher das Methan kommt", sagt Yotam Ariel, Gründer von Bluefield[→27]. Insbesondere bei Regierungsbehörden und Öl- und Gasunternehmen ist die Nachfrage nach der neuen Technologie groß[→28].

Umweltschutz ist auch Community-Building

Die Erkenntnisse aus den riesigen Datenmengen, die SkyTruth aus der ganzen Welt sammelt, können auch in die Stärkung lokaler Gemeinschaften einfließen. Im Fall der BP-Ölkatastrophe im Jahr 2010 erstellte SkyTruth zum Beispiel eine interaktive Karte[→29], auf der Verschmutzungs-Hotspots eingezeichnet waren, und die Öffentlichkeit dazu ermutigt, diese Daten mit ihren Beobachtungen vor Ort abzugleichen. Unter anderem ist es auch den Bemühungen der Nutzer*innen zu verdanken, dass BP gezwungen war, seine Aufräumarbeiten noch viele Monate länger fortzusetzen, als es das Ölunternehmen wohl von sich aus getan hätte.

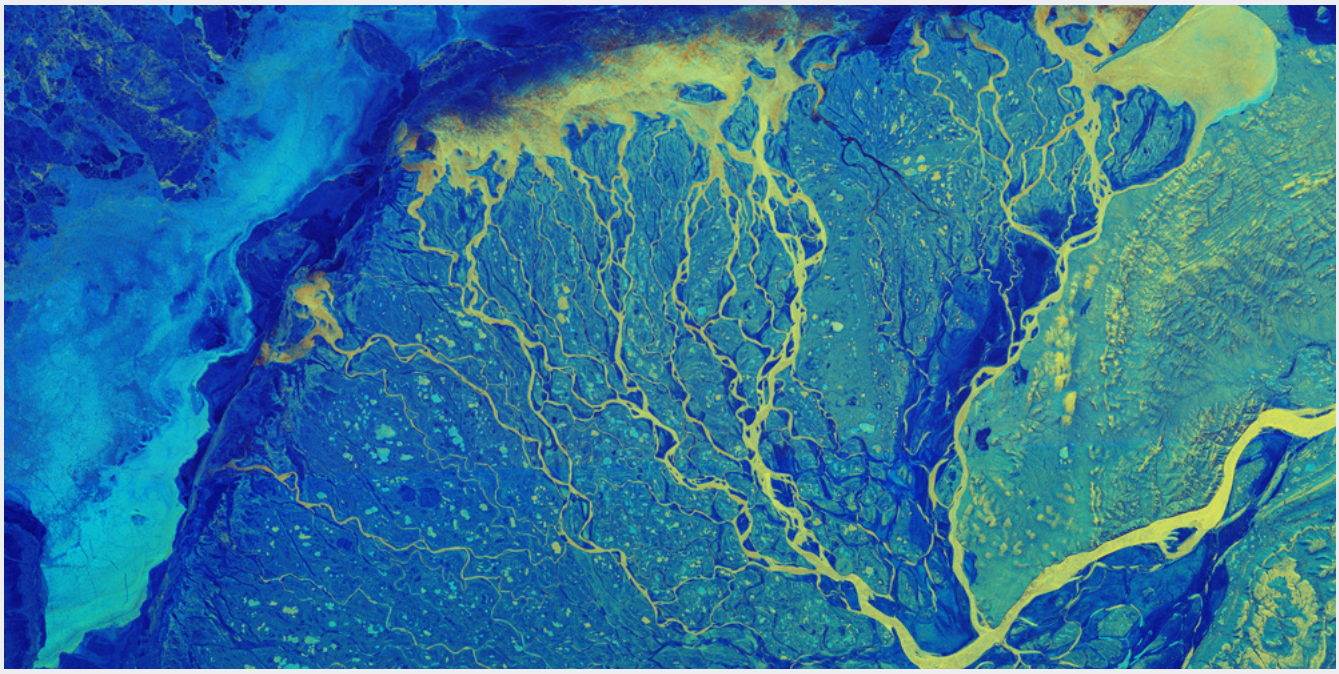
In jüngerer Zeit hat SkyTruth noch andere Wege gefunden, um mit Communities in Kontakt zu treten. Dazu gehört auch „FrackFinder“[→30], ein Projekt, das dazu einlädt, Bilder auf Anzeichen für eine Öl- und Gasbohrinfrastruktur zu analysieren.

„Dinge, die früher unbemerkt blieben, werden jetzt sichtbar“, sagt Amos. Und hofft, dass dadurch mehr Menschen motiviert werden, sich für das Wohlergehen ihrer Umwelt einzusetzen. Selbst Amos, der sich mit zehn Jahren Erfahrung in der Nutzung von Satellitenbildern als Explorationsgeologe für Öl- und Gasbergbauunternehmen bestens auskennt, ist erstaunt über die schnelle Entwicklung der Satellitentechnologie. „Wir brechen gerade in eine Ära auf, in der wir uns sehr rasch ein Bild davon machen können, was auf der Welt passiert ist“, sagt Amos. „Ich denke, dies wird Möglichkeiten zum Eingreifen bieten oder sogar verhindern, dass Umweltschäden überhaupt entstehen. Das ist etwas, worauf ich mich gefreut habe, seit ich vor fast zwanzig Jahren SkyTruth ins Leben gerufen habe – und wir sind jetzt fast am Ziel.“

SkyTruth wurde im Jahr 2000 von John Amos gegründet und ist mit nur zwölf Vollzeit-Mitarbeitenden eine relativ kleine gemeinnützige Organisation. Daher arbeitet die NGO immer wieder mit größeren Organisationen und Hochschulen zusammen. Einer dieser Partner ist Oceana, eine führende Meeresschutzorganisation, mit der sich SkyTruth und Google zusammengetan haben, um 2016 das Projekt Global Fishing Watch zu starten.

SkyTruth deckte auf, dass die BP-Ölpest weitaus größer war, als behauptet.

>YOUTUBE



Credit: ESA

Cop4SDGs: Monitoring der UN-Nachhaltigkeitsziele

Vor fünf Jahren haben die Vereinten Nationen die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung verabschiedet. Satellitenbilder können dabei helfen, deren Umsetzung sicherzustellen.

Keine Armut, kein Hunger, sauberes Wasser und Sanitäranlagen, nachhaltige Städte und Gemeinden, Klimaschutz und nachhaltiger Konsum – das sind nur einige der insgesamt 17 Ziele, auf die sich die Mitglieder der Vereinten Nationen geeinigt haben. Im September 2015 wurden die Sustainable Development Goals, kurz SDGs[→31], auf dem UN-Nachhaltigkeitsgipfel in New York in der „Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung“ festgehalten.

Der Beschluss liegt nun mehr als fünf Jahre zurück. Um Fortschritte bei den Zielen messen und bewerten zu können, wurde ein Indikatorenset erarbeitet. Die aktuell 232 Indikatoren werden zum großen Teil auf der Basis von demographischen und statistischen Daten sowie unter der Verwendung von Daten aus Umweltbeobachtungsnetzwerke, Modellen und Umfragen erhoben. Eine der Methoden zur Umweltbeobachtung ist die Satellitenfernerkundung. In Kombination mit weiteren Geo- sowie statistischen Daten sollen mit dieser Methode Veränderungen in der Umwelt und Gesellschaft erfasst werden.

Copernicus-Daten zur Verifizierung der Nachhaltigkeitsziele

Welche der 232 Nachhaltigkeitsindikatoren mithilfe von Satellitenfernerkundung erfasst und besser verifiziert werden können, das untersuchen Forschende des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie im Rahmen des Projekts Cop4SDGs[→32].

Die Ergebnisse sollen Aufschluss darüber geben, inwieweit die entwickelten Methoden für andere politische Maßnahmen, wie die Anpassung des Klimaplans für 2050, verwendet werden können. Im Projekt werden die Satellitendaten des europäischen Erdbeobachtungsprogramms Copernicus genutzt.

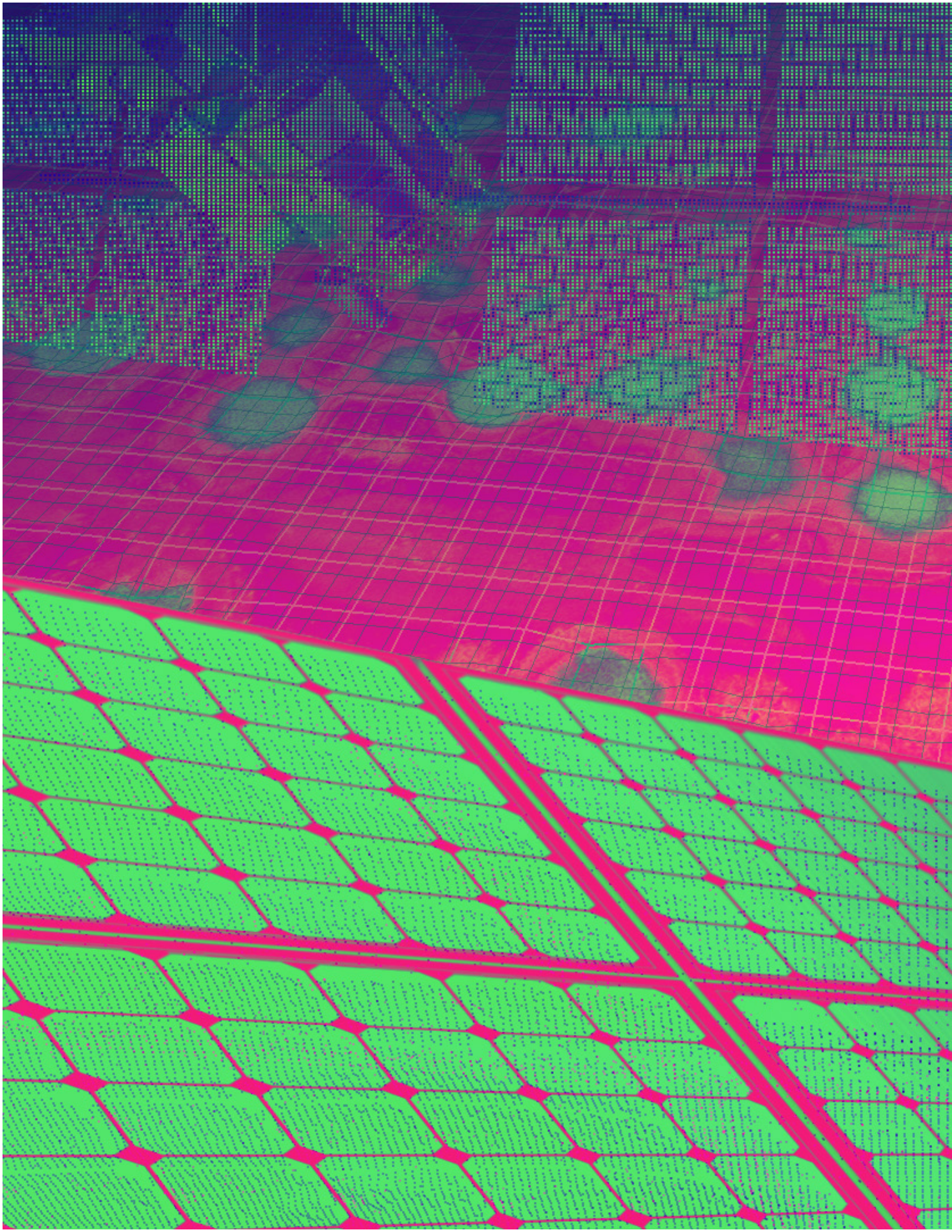
Luftverschmutzung und Wasserökosysteme lassen sich gut mit Satellitenbildern erfassen

Die insgesamt 232 Indikatoren für nachhaltige Entwicklung lassen sich natürlich nicht allesamt mithilfe von Satelliten- oder Fernerkundungsdaten verifizieren. Die Forschenden des Cop4SDGs-Projekts sehen jedoch 14 Indikatoren als besonders geeignet an. Zwei davon wurden bisher genauer untersucht: Die Sterblichkeit durch Luftverschmutzung und die Ausdehnung des Wasserökosystems. Der Indikator *Ausdehnung des Wasserökosystems* gehört zum UN-Nachhaltigkeitsziel Nummer 6 (*Sauberes Wasser und Sanitäranlagen*). Satellitenaufnahmen großer Landflächen haben sich als eine gute Methode herausgestellt, um dieses Ziel zu verifizieren. Auch beim Unterindikator Sterblichkeit durch Luftverschmutzung des SDG Nummer 3 (*Gesundheit und Wohlergehen*) helfen Satellitendaten, da sie in großem Rahmen die Luftqualität messen können.

Die Methoden wurden vom UN-Umweltprogramm (United Nations Environment Programme, UNEP) festgelegt. „Zur Bestimmung von Ökosystemen, wie bei Indikator 661 (Ausdehnung des Wasserökosystems, *Anmerkung der Redaktion*), sollen beispielsweise Daten zur flächigen Ausdehnung von Feuchtgebieten und künstlichen und nicht-künstlichen Seen verwendet werden“, erklärt Patrick Knöfel, wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bundesamt für Kartographie und Geodäsie. Neben Copernicus-Daten greifen die Forschenden auch auf Datensätze aus der Fernerkundung, genauer der Landoberflächenklassifikation, zurück. Mit den gesammelten Daten kann dann der entsprechende Indikatorwert berechnet werden. Dieser sagt aus, inwiefern die Zielanforderungen erfüllt werden.

Der Vorteil der Copernicus-Satellitenbilder ist, dass diese sehr aktuell sind, da alle drei Tage neue Bilder frei zur Verfügung gestellt werden. Die Auflösung der Satellitenbilder hingegen sei, so der Projektleiter Michael Hovenbitzer, nur gering. Außerdem können Wolken den Blick aus dem All auf die Erde einschränken. Aus diesem Grund arbeiten die Forschenden immer mit einer Kombination aus Satelliten- und anderen (kostenpflichtigen) Fernerkundungsdaten. Letztere haben eine höhere Auflösung, die besonders für die Klassifizierung von Landnutzung wichtig ist, sie sind jedoch meist nicht so aktuell wie die Satellitendaten.

Cop4SDGs wird vom Förderprogramm Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit unterschützt und im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) durchgeführt. Das Projekt liefert auch einen nationalen Beitrag zur Initiative „EO4SDG“[→33], *sowie zum Euro-GEO-Projekt*[→34]. *Diese unterstützen die Integration von Erdbeobachtungs- und Geodaten bei der Verifizierung der SGDs auf internationaler und europäischer Ebene.*



Energie-wende

Mit Satellitenaufnahmen den optimalen Standort finden

Energiewende – Mit Satellitenaufnahmen den optimalen Standort finden

Um die Pariser Klimaziele einzuhalten, müssen wir den Ausbau erneuerbarer Energien vorantreiben. Doch nicht jeder Ort ist gleichermaßen für Sonnen- und Windenergie geeignet. Satellitenaufnahmen in Kombination mit anderen Technologien ermöglichen eine schnelle, datengesteuerte Standortauswahl für erneuerbare Energien - von der Landesebene bis hinunter zu einzelnen Häusern.

Credit: National Renewable Energy Lab

Wie Glint Solar und Village Data Analytics beim Ausbau erneuerbarer Energien helfen

Wenn es darum geht, einen Überblick über große Land- oder Wasserflächen zu erhalten, sind Aufnahmen aus dem All ein wichtiges Werkzeug - auch beim Ausbau erneuerbarer Energien. Die Beispiele Glint Solar[→35] und Village Data Analytics[→36] veranschaulichen das.

Für die Stromerzeugung aus Solarstrom braucht es einen Standort mit ausreichend Platz, optimaler Sonneneinstrahlung und entsprechender Infrastruktur, damit der Strom auch bei denen landet, die ihn benötigen. Ein Überblick über große Gebiete kann den Auswahlprozess extrem beschleunigen - daher setzen Glint Solar und Village Data Analytics auf Satelliten bei der Standortanalyse für Solaranlagen. Doch auch für die Auskundschaftung von Standorten für andere Quellen erneuerbarer Energien ist die Methode denkbar.

Glint Solar: Standortsuche für schwimmende Solaranlagen

Die solare Stromerzeugung auf Wasserflächen[→37] hat einige Vorteile gegenüber Paneelen, die an Land installiert sind, denn sie blockieren keine anderweitig benötigten Flächen und die Solarzellen werden vom Wasser gekühlt, was deren Energieeffizienz steigert. Dies trifft vor allem auf künstliche Wasserflächen wie Wasseraufbereitungsanlagen oder stille Gewässer in Steinbrüchen, Küstenregionen oder Seen zu. Doch die Suche nach einem geeigneten Standort gestaltet sich bisher als mühselig und zeitaufwendig.

Das norwegische Unternehmen Glint Solar will mit Satellitenaufnahmen der ESA die Standortsuche für schwimmende Photovoltaikanlagen erleichtern und so den Ausbau erneuerbarer Energien vorantreiben.

Auf Basis der Satellitendaten wird dazu eine Durchführbarkeitsanalyse erstellt, die den Projektleiter*innen wichtige Informationen über die jeweiligen Bedingungen und die Beschaffenheit eines Gewässers gibt. Die Aufnahmen geben Auskunft über die Sonneneinstrahlung, grundlegende Wetterdaten sowie Informationen zur standortspezifischen Beschattung, Wind, Wellen, Wasserschwankungen und Luftverschmutzung. Das Analyse-Tool des Unternehmens, die sogenannte „Site Evaluator Engine“ (SEE), gleicht die standortspezifischen Daten mit der Datenbank von Glint Solar ab und erstellt einen Bericht, der eine Rangliste von Installationsmöglichkeiten mit dem geschätzten Ertrag, dem Kostenaufwand der Installation und der Dauer, bis sich der finanzielle Aufwand rentiert, enthält.

Village Data Analytics: Solarstrom in netzferne Gegenden bringen

Weltweit leben etwa eine Milliarde Menschen ohne zuverlässigen Zugang zu Elektrizität. Die überwiegende Mehrheit davon lebt in kleineren, ländlichen Gemeinden, die oft vom Energienetz abgeschnitten sind; in einigen Ländern des globalen Südens liegt die Zahl der Menschen ohne Stromzugang bei bis zu 75 Prozent[→38]. Die Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen[→39] streben den Zugang zu einer nachhaltigen Stromversorgung an – für ländliche Gemeinden ist das oft Solarenergie. Abgelegene Dörfer und Städte stellt das vor einige Herausforderungen. Bevölkerungs- und Bebauungsdichte, kommerzielle Aktivitäten und Infrastruktur – all diese Faktoren haben Einfluss auf die Umsetzbarkeit und Installationskosten von Solaranlagen. Bisher werden diese Informationen über Erhebungen und Inspektionen von Menschen vor Ort zusammengetragen. Der schiere Umfang dieser Erhebungen sowie sprachliche und logistische Probleme haben zur Folge, dass diese Erkundungen oft auf bestimmte Gemeinden beschränkt sind, andere dagegen leicht übersehen werden.

Village Data Analytics (VIDA), eine neue Software, soll den Auswahlprozess einfacher, effizienter und im besten Fall auch wirtschaftlicher gestalten. VIDA nutzt Satellitenbilder der NASA und der ESA sowie künstliche Intelligenz, um netzferne Dörfer automatisch zu identifizieren und einen Überblick über die demografischen und sozioökonomischen Aspekte der Gemeinden zu ermitteln.

Die VIDA-Software lernt, Gebäude, Straßen und bewirtschaftete Felder zu erkennen und kann damit eine aktuelle und vollständige Übersicht über die Gemeinden liefern - und selbst kleine Dörfer erkennen, die abseits der üblichen Verkehrswege liegen. Einmal identifiziert, extrahiert die Software weitere Informationen, die dabei helfen, das Profil eines solchen Dorfes zu erstellen. Gibt es zum Beispiel eine Schule oder ein Krankenhaus? Ist bereits eine Stromversorgung vorhanden? Wie viel Landwirtschaft findet in der Umgebung statt? Mit diesen Informationen trifft VIDA auch Vorhersagen über die Kosten und Effizienz der Elektrifizierungsmaßnahmen und

ermittelt, welches Modell sich eignet, zum Beispiel eine Erweiterung des bestehenden Stromnetzes, die Schaffung eines autarken Mini-Grid-Inselsystems oder die Installation individueller Haussolarsysteme auf Gebäuden.

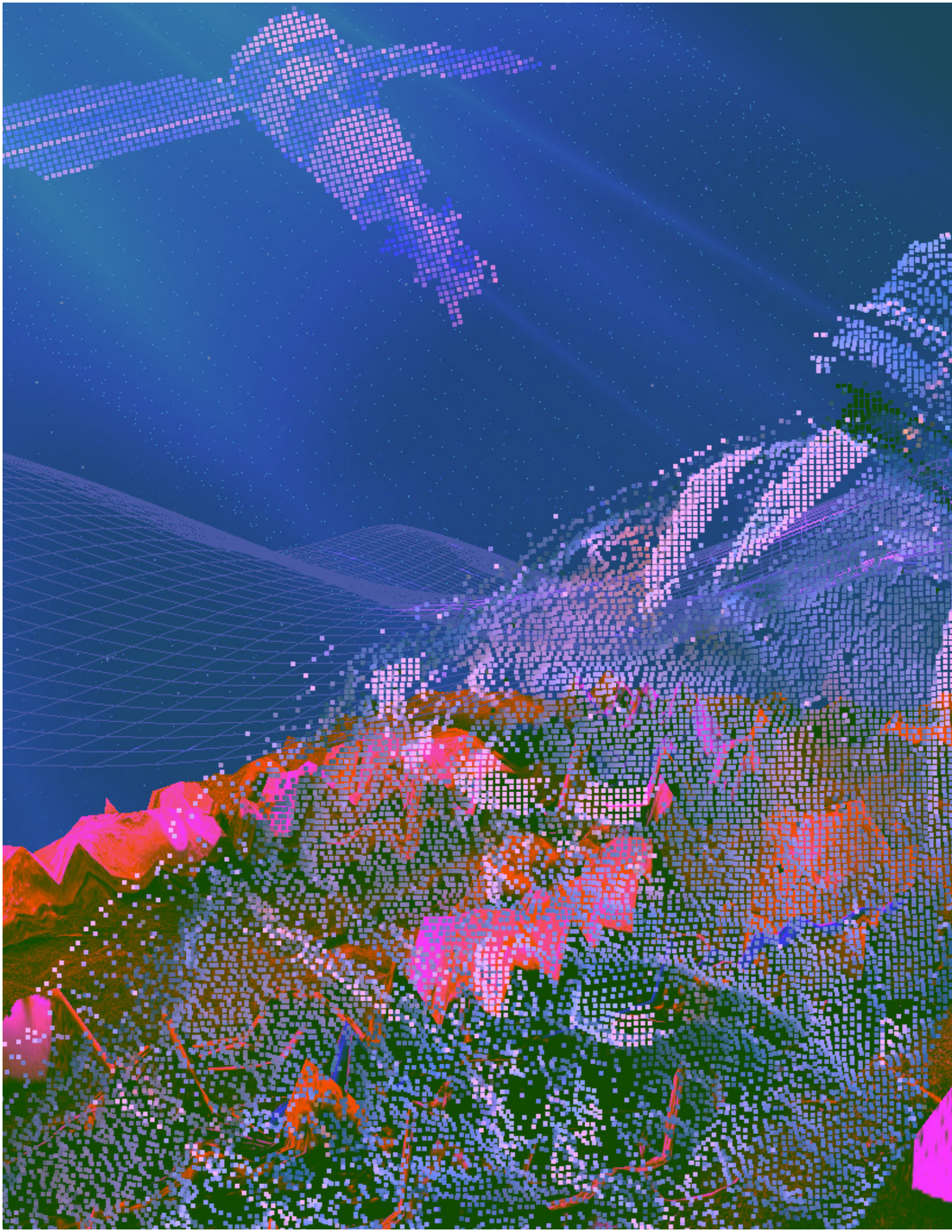
VIDA wird bereits von großen Institutionen im Bereich der Entwicklungsfinanzierung (einschließlich der Weltbank und PACT), von Regierungsbehörden und von netzunabhängigen Elektrifizierungsunternehmen für Projekte auf drei Kontinenten eingesetzt. In den meisten Fällen ermittelt die intelligente Software, ob sich die Programme oder Projekte langfristig als wirtschaftlich erweisen können. Damit liefert VIDA nicht nur die nötigen Informationen für netzunabhängige Unternehmen und kann das Gesamtrisiko der Vorhaben reduzieren. Im besten Fall beschleunigt VIDA Elektrifizierungsvorhaben in den Ländern, die den dringendsten Bedarf haben.

Zudem könnte die Software auch für eine breite Palette anderer Anwendungen genutzt werden. Das System wurde beispielsweise bereits eingesetzt, um die Bekämpfung des Coronavirus in Nigeria durch die Identifizierung von Gesundheitszentren und Infrastruktur zu bewerten. VIDA könnte künftig aber auch effizientere Handelsverbindungen schaffen und sogar Transparenz in Bezug auf nachhaltig produzierte Produkte wie Kakao und Kaffee herstellen.

Wichtige Datenbasis für eine nachhaltige Planung

Die Installation von Photovoltaikanlagen auf dem Wasser oder auf dem Land ist immer auch mit einem Eingriff in gesellschaftliche Strukturen und Ökosysteme verbunden. Umso wichtiger also, dass die Orte, an denen solche Anlagen installiert werden, gut überlegt und auf Basis einer ausführlichen Datengrundlage ausgewählt werden. Die Arbeit mit Satellitenaufnahmen kann hier ein hilfreiches Mittel sein, um die Standortwahl für neue Photovol taik-Anlagen auf Basis von ausführlichen Analysen besser zu planen.

Glint Solar wird von einem Förderprogramm der ESA in Norwegen (Business Incubation Centre Norway)[40] *und einem Förderprogramm der norwegischen Regierung (Innovation Norway)*[41] *unterstützt.*
VIDA wurde von einem internationalen Team von TFE Energy[42] *mit Sitz in München und Kapstadt entwickelt und erhält Unterstützung von der ESA sowie von der deutschen KI-Initiative appliedAI*[43]*.*



Meeres-schutz

Mit Satelliten auf und unter die Wellen schauen

Meeresschutz – Mit Satelliten auf und unter die Wellen schauen

Unsere Meere bilden einzigartige Ökosysteme. Aber sie sind bedroht: Die Versauerung des Meerwassers und Öl- und Plastikverschmutzung zerstören die Biodiversität unter Wasser. Bisher mussten Forschende Schiffe besteigen und Sensoren installieren, um „Vitaldaten“ unserer Meere zu erhalten – doch es geht auch anders. Neueste Satellitentechnologie kann die Meeresoberfläche nach Verschmutzungen absuchen und bis in die Tiefsee „blicken“. Mit diesem Wissen können Schutzmaßnahmen begründet und Reinigungsaktionen koordiniert werden.

KAPITEL 04 / CASE I

Credit: Bo Eide

Hochauflösende Satellitenbilder helfen beim Aufspüren von Ozeanplastik

Um unsere Meere vom Plastikmüll befreien zu können, muss man diesen zunächst einmal finden. Forschende haben dazu eine einfache, günstige und effektive Lösung mit einer Kombination von KI und Satellitentechnologie entwickelt.

In unseren Meeren treiben Unmengen an Kunststoffabfällen[44] und Mikroplastik[45]. In den letzten Jahren hat die Aufmerksamkeit für dieses Thema stark zugenommen – und verschiedenste Lösungsansätze[46] wurden entwickelt und erprobt. Eine erste Hürde bei der Beseitigung der Kunststoffe ist es, diese überhaupt zu lokalisieren. Obwohl es in unseren Ozeanen riesige Anhäufungen von zerkleinerten Plastikteilen gibt, wie zum Beispiel den Great Pacific Garbage Patch[47], ändern die Objekte häufig ihre Position, wenn sie von den Strömungen und Wirbelstürmen mitgerissen werden. Die Lage der Plastikteile vorab genau zu bestimmen, könnte also die Wirksamkeit verschiedener Sammelmethoden erhöhen – und Geld und Ressourcen sparen.

Hier kommen neue Forschungsergebnisse des Plymouth Marine Laboratory (England) und der Universität der Ägäis (Griechenland) ins Spiel. In einem Paper (Lauren Biermann et al, 2020)[48], das in Nature Scientific Reports veröffentlicht wurde, zeigt das Forschungsteam, wie hochauflösende Satellitenbilder genutzt

werden können, um „Makrokunststoffe“ (Kunststoffe mit einer Größe von mehr als fünf Millimetern) in Meeren und Ozeanen aufzuspüren. Das Team verwendete Bilder des Sentinel-2-Satelliten der Europäischen Weltraumorganisation ESA und entwickelte daraufhin eine Methode, um die optischen Signaturen der Lichtwellenlängen der schwimmenden Müllhalden zu identifizieren, wodurch sie vom Weltraum aus zu erkennen sind.

Doch die Suche nach Plastikmüll auf Unmengen von Satellitenbildern unserer Ozeane ist von menschlichen Arbeitskräften kaum effizient zu bewältigen. Daher haben die Forschenden ein KI-System entwickelt, das die Satellitenbilder nach Hinweisen auf Plastikablagerungen absucht. Um den Algorithmus der Künstlichen Intelligenz zu trainieren, entwarf das Forschungsteam ein Testverfahren vor der Küste von Lesbos in der Ägäis. Hierfür wurde zunächst Plastikabfall – wie Flaschen, Fischernetze und Plastiktüten – eingesammelt und auf Plattformen verladen. Diese wurden dann auf das Meer hinausgetrieben, um dort Flächen von Plastikansammlungen zu imitieren. Im Gegensatz zu „echten“ Plastikteppichen konnte das Team die Plattformen jedoch steuern und lokalisieren. Nach einer Trainingsphase konnte der Algorithmus in 86 Prozent der Fälle den „unechten“ Plastikteppich von anderen Objekten unterscheiden.

Projektleiterin Lauren Biermann beurteilt die Forschung ihres Teams als einen positiven Schritt, um das Fachwissen von Meeresökolog*innen mit dem von Expert*innen für Satellitenerkundung zusammenzubringen. Darüber hinaus sei die Technologie nicht auf den Sentinel-2-Satelliten beschränkt, sondern könnte auch mit vielen anderen Fernerkundungsplattformen zusammenarbeiten, die ausreichend hochauflösende Bilder liefern.

CleanSeaNet geht gegen Ölverschmutzung vor

Kunststoffe sind nicht die einzige menschliche Hinterlassenschaft in marinen Ökosystemen. Auch Schifffahrt und Ölförderung hinterlassen ihre Spuren. Mit der regelmäßigen Erfassung von Radar-Satellitenbildern geht der CleanSeaNet-Dienst[→49] dagegen vor.

Das europaweite Überwachungssystem analysiert die Meeresoberfläche mit SAR-Systemen (Synthetic Aperture Radar), um mögliche Ölverschmutzungen auf der Meeresoberfläche zu erkennen. Die SAR-Systeme senden elektromagnetische Radarimpulse an die Erde und messen die von den Oberflächen reflektierten Echosignale. Ozeane erscheinen auf den SAR-Bildern als strahlend weiße Flächen, Ölteppiche dagegen als schwarze Flecken. Die SAR-Echtzeitbilder werden wiederum mit einem Schiffverkehrs-Monitoring verbunden. Wird ein möglicher Ölteppich in nationalen Gewässern entdeckt, geht eine Warnmeldung an die zuständige Behörde, die dann über die beste Vorgehensweise entscheidet. Viele Umweltsünder sind durch die Arbeit von CleanSeaNet bereits vor Gericht gelandet und wurden mit empfindlichen Strafen über mehrere hunderttausende Euro belegt.

CleanSeaNet (CSN) wurde 2007 von der Europäischen Agentur für die Sicherheit des Seeverkehrs (ESMA) ins Leben gerufen. Seit 2017 ist CSN in 23 Küstenstaaten der Europäischen Union (EU), zwei EFTA-Küstenstaaten, drei EU-Kandidatenländern, der niederländischen Karibik, den Französischen Antillen, Grönland und den Partnerländern der Europäischen Nachbarschaft im Mittelmeer, Schwarzen und Kaspischen Meer verfügbar.

KAPITEL 04 / CASE II

Versauerung der Ozeane vom Weltraum aus erkennen

Bisher wurde der Zustand unserer Meere und Ozeane vor allem von Schiffen aus gemessen. Doch diese Methode könnte bald überholt sein: Satelliten schauen mittlerweile auch unter die Wellen.

Ausgestattet mit speziellen Instrumenten messen Satelliten inzwischen auch Dinge, die für das menschliche Auge im Wesentlichen unsichtbar sind - wie zum Beispiel Luft- und Meeresverschmutzung.

Aus dem All sichtbar: Die zunehmende Versauerung der Meere
Sowohl die NASA als auch die ESA befassen sich mit ihren Programmen SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity)[→50] bzw. Aquarius[→51] mit der Messung der Ozeanversauerung vom erdnahen Orbit aus. Die Satelliten sind zwar nicht in der Lage, den pH-Wert zu messen - das eindeutigste Anzeichen für die Versauerung der Ozeane. Aber sie können den Salzgehalt messen, also die Salzmenge im Meerwasser. Diese Informationen werden dann extrapoliert und mit Kohlenstoffmessungen kombiniert, um eine genaue Vorhersage der Ozeanversauerung zu erhalten.

Im Rahmen der Climate Change Initiative[→52] stellt die ESA ihre Daten über den Salzgehalt der Meeresoberfläche in einem der größten globalen Datensätze Wissenschaftler*innen weltweit zur Verfügung. Die Daten über den Salzgehalt der Meeresoberfläche helfen nicht nur, den Gesundheitszustand dieser Ökosysteme zu

Die sich verändernde Chemie unserer Ozeane

>YOUTUBE

erfassen, sondern sie liefern auch Informationen über wichtige Komponenten des Klimasystems wie den Wasserkreislauf, den Austausch zwischen Ozean und Atmosphäre und die Ozeanzirkulation.

Luft- und Meeresverschmutzung hängen eng miteinander zusammen, denn die Luftverschmutzung ist nicht auf die Atmosphäre beschränkt, sondern dringt zunehmend auch in unsere Meere ein. Unsere Ozeane nehmen riesige Mengen an Kohlenstoff auf und haben so bisher entscheidend zur Eindämmung des Klimawandels beigetragen. Doch dieser Effekt fordert seinen Tribut: In den letzten Jahren hat sich das chemische Gleichgewicht der Ozeane verschoben, das Meerwasser ist saurer geworden. Dieser Prozess kann die biologische Vielfalt des Ozeans stark beeinträchtigen.

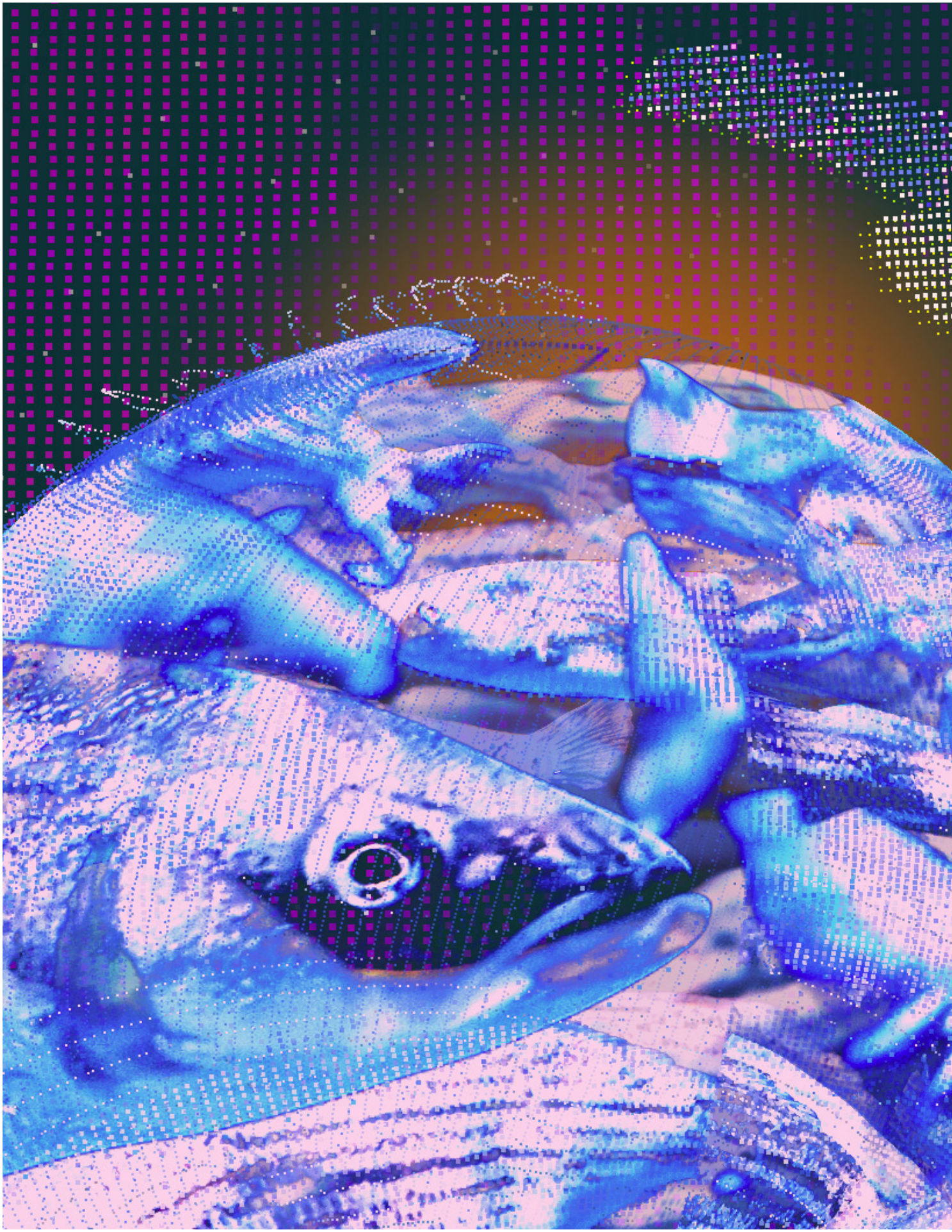
Helen Findlay vom Plymouth Laboratory erklärt gegenüber Reset, dass früher die Ozeanversauerung in Situ, also unmittelbar am Ort, von Schiffen oder Liegeplätzen aus, gemessen wurde. Dazu wurden Wasserproben entnommen und zur Analyse an ein Labor geschickt. In jüngerer Zeit wurden außerdem Sensoren eingesetzt, doch diese müssen kalibriert werden, können abdriften und durch Algenbildung funktionsunfähig werden. Die Bergung der Sensoren und das Sammeln von Wasserproben stellen eine zusätzliche logistische Belastung dar, die den für die Forschung benötigten Raum und die Zeit einschränkt. Wenn Satelliten dieser Aufgabe gewachsen sind, könnte dies die Effizienz von Studien zur Ozeanversauerung erheblich steigern und zudem deren Kosten senken.

Credit: esa

„Die größte Herausforderung besteht darin, ob Satellitenmessungen die Parameter der Ozeanversauerung mit ausreichender Genauigkeit abschätzen können, um nützlich zu sein. Mit dem Aufkommen von Satelliten, die den Salzgehalt messen, gab es diesbezüglich einen großen Schub“, sagt Peter Land, der zusammen mit einem internationalen Team unter der Leitung des Plymouth Marine Laboratory[→53] die Wirksamkeit der Satellitendaten untersucht, gegenüber RESET.

Ein digitaler Zwilling der Weltmeere

Eine wichtige Frage sollte auch immer sein, wie die erhobenen Daten von möglichst vielen Menschen genutzt werden können und Bürger*innen, Regierungen und Industrien zu informierten Entscheidungen befähigen. Eine Antwort darauf ist das Projekt Digital Twin Ocean (DTO)[→55] , das Teil des Green Deals der EU-Kommission ist. Die permanent erhobenen Meeresdaten aus Sensoren vor Ort, Satelliten und numerischen Modellen des Copernicus Marine Service (CMEMS)[→54] sollen im Rahmen des Projekts mithilfe von Cloud-Infrastrukturen und KI zu einem interaktiven, hochauflösenden Modell des Ozeans werden. Der Ozeanzwilling soll dann ein kontinuierliches, zeitnahes Monitoring und die einfache Modellierung verschiedener Szenarien ermöglichen - von der Oberfläche bis zum Meeresboden.

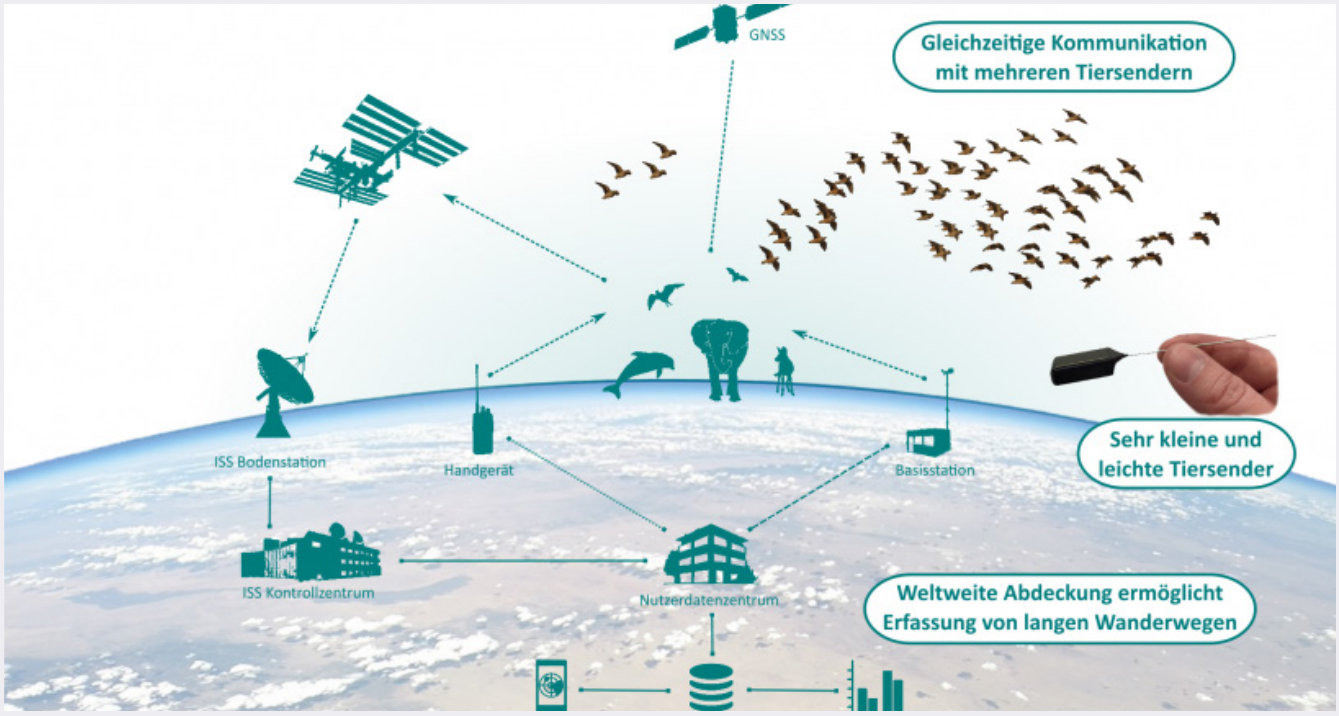


Arten-schutz

Tiere zählen aus dem All

Artenschutz – Tiere zählen aus dem All

Umweltverschmutzung, Klimawandel, aber auch der hohe Bedarf an landwirtschaftlichen Flächen sorgen für den Verlust der Lebensräume vieler Tierarten – und das Artensterben bedroht ganze Ökosysteme. Um auf die Veränderungen reagieren und Schutzmaßnahmen ergreifen zu können, sind präzise Informationen wichtig. Doch das klassische „Monitoring“ ist sehr aufwändig. Neue Techniken der Fernerkundung mit Satelliten erleichtern und beschleunigen die Datengewinnung über Tiere und Ökosysteme.



Credit: MPIAB_MaxCine

ICARUS: Verhaltensbeobachtung von Tieren durch Minisender und Satelliten

Ein satellitengestütztes System zur Beobachtung von Tieren soll bei der Erforschung von Infektionskrankheiten, der Vorhersage von Naturkatastrophen und beim Artenschutz helfen.

Naturkatastrophen, Artensterben, Infektionskrankheiten – durch den Klimawandel und den massiven Eingriff des Menschen in die globale Natur- und Tierwelt werden diese Phänomene zu immer größeren Gefahren für unser gesamtes Ökosystem. Da die erfassten Forschungsdaten oftmals nur lokal gespeichert werden, ist es schwierig, einen Überblick über die gesamte Datenlage zu bekommen.

Die internationale Kooperation ICARUS (International Cooperation for Animal Research Using Space)[→56] will diese Wissenslücke schließen. Mit offen geteilten Daten über das Verhalten von Tieren und einem satellitengestützten System wollen die Forschenden die Bewältigung zukünftiger Herausforderungen erleichtern.

Minisender schicken Beobachtungsdaten an die ISS

Für das Projekt werden Tiere weltweit mit Minisendern ausgerüstet. Diese schicken ihre Messdaten dann an die Internationale Raumstation ISS. Von hier gelangen die Daten an eine Bodenstation, von wo sie an die jeweiligen Forschungsteams gesendet werden. Die Sensoren selbst sind mit einem kleinen Solarpanel, einer Batterie und einer etwa 15 Zentimeter langen Antenne ausgestattet.

Mit Satellitenhalsbändern Afrikas Elefanten vor Wilderei schützen
Auch der WWF setzt in Zusammenarbeit mit der Regierung von Tansania auf Satelliten im Kampf gegen illegale Wilderei. Dazu werden die Elefanten mit Halsbändern[57] ausgestattet, die per Satellit mit den Mobiltelefonen der Ranger*innen und Naturschützer*innen des größten Naturschutzgebietes in Tansania kommunizieren. So erhalten diese einen genauen Überblick über die Echtzeit-Bewegungen der Elefanten und können auf Bedrohungen reagieren und Schutzmaßnahmen besser koordinieren.

Bei Tieren wie Kühen oder Schafen werden die Sender in Ohrmarken (die sie meist ohnehin schon tragen) oder in Halsbänder eingebaut, größere Vögel wie Störche bekommen einen Ring um den Fuß. Fledermäuse und andere Kleintiere werden mit einer Art Umhang versehen, an dem der Sensor befestigt ist. Die Lebensdauer der Tiere wird, laut Martin Wikelski, Direktor des Max-Planck-Instituts und Leiter des ICARUS-Projektes, davon nicht negativ beeinflusst.

Sensoren messen Temperatur, Luftdruck und Gesundheit der Tiere
Während die Sensoren mit den Tieren unterwegs sind, messen sie den physiologischen Zustand ihrer Träger. Die erfassten Daten geben Auskunft über das Fressverhalten, die Schritte, die Körperlage oder den Gesundheitszustand der Tiere. Gleichzeitig erheben die Sensoren verschiedene Umweltdaten, wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftdruck. So können beispielsweise ökologische Veränderungen festgestellt werden.

> Hier ist es wahnsinnig wichtig für uns zu verstehen, wo es den Tieren noch gut ging und wo es Probleme gab.
> MARTIN WIKELSKI

Die gesammelten Daten sollen unter anderem einen Beitrag zum Artenschutz leisten. „Im Moment ist es so, dass wir nicht verstehen, wo die ganzen Tiere verlorengehen. In Europa haben wir beispielsweise 420 Millionen Singvögel verloren, also knapp 30 Prozent unserer Biomasse an Singvögeln. Hier ist es wahnsinnig wichtig für uns zu verstehen, wo es den Tieren noch gut ging und wo es Probleme gab“, erklärt Wikelski gegenüber RESET. Mit den Sendern kann bei größeren Tieren wie Gazellen oder Nashörnern zum Beispiel auch nachverfolgt werden, wo Wilderer illegal gejagt haben. Und wenn große Fischschwärme mit Sendern versehen werden, erhalten die Forschenden unter anderem Hinweise auf Überfischung.

Wertvolle Unterstützung bietet die Technologie auch bei der frühzeitigen Erkennung von Infektionskrankheiten durch die Messung der Bewegungsmuster, der Interaktionen zwischen den Tieren und nachträglichen Antikörpertests im Labor.

Offene Datenbank Movebank: Das „Internet der Tiere“
„Wenn wir mithilfe der Sender sehen, dass ein Tier tot ist, gehen wir entweder selbst hin oder schicken die Position an die Animal Tracker App“, sagt Wikelski. Hobby-Tierbeobachter*innen oder Wissenschaftler*innen, die die App[58] installiert haben, kön-

nen das Tier dann fotografieren, den Sender entfernen und ihn an die Forschenden schicken. Mit der neuen Form von Geocaching bzw. „Biocaching“ wird auch verhindert, dass die batteriebetriebenen Sensoren in der Umwelt liegen bleiben.

Um die erhobenen Daten möglichst vielen Menschen frei zugänglich zu machen, werden sie auf der Datenbank Movebank[→59] veröffentlicht. „Die offene Datenbank hat massive Vorteile, da wir somit globale Vergleiche machen können“, berichtet Martin Wikelski. Denn: „Das Internet der Tiere kann es nur dann geben, wenn wir die Daten der ganzen Tiere zusammenschließen, offen machen und daraus lernen.“

Laut Website hat Movebank mittlerweile über 20.000 Nutzer*innen und Tausende Dateneigentümer von Universitäten, Regierungsbehörden und Forschungs- und Naturschutzgruppen weltweit.

Das Projekt ICARUS wird von einer Forschungsgruppe des Max-Planck-Instituts für Verhaltensbiologie (MPI Radolfzell/Konstanz) und der Universität Konstanz geleitet. Unterstützung bekommt es von der russischen Raumfahrtbehörde Roskosmos, dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), sowie der Europäischen Weltraumbehörde ESA.

Movebank ist eine kostenlose Online-Datenbank für Tierverfolgungsdaten. Finanziert wird sie von der Max-Planck-Gesellschaft und der Universität Konstanz. ●

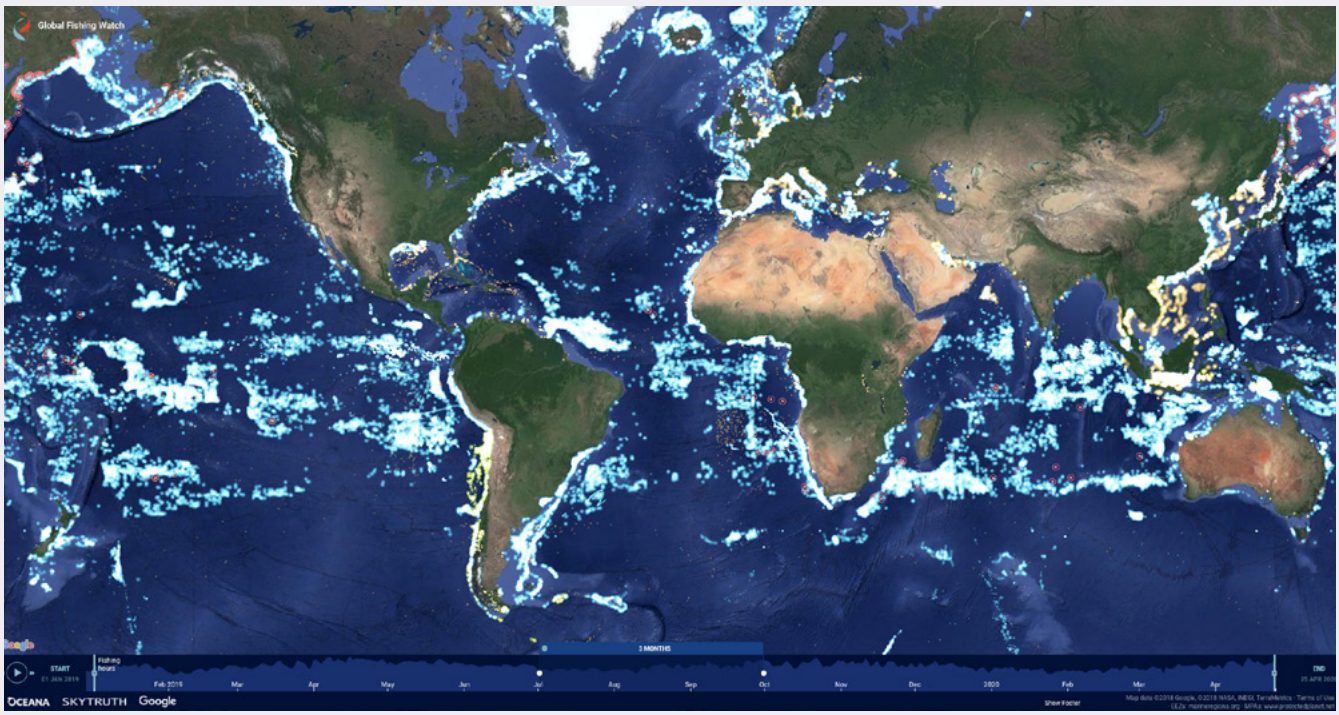
KAPITEL 05 / CASE II

Global Fishing Watch: Fisch-Monitoring von oben

Noch vor einem Jahrzehnt wäre es unmöglich gewesen, ein genaues Bild der weltweiten Fischerei zu erstellen. Doch durch Fortschritte in der Satellitentechnologie, im Cloud-Computing und beim maschinellen Lernen ist das mittlerweile möglich.

Auch wenn viele Fischereien bereits reguliert sind, ist schwer zu kontrollieren, was in den riesigen Weiten der Ozeane tatsächlich vor sich geht - besonders auf hoher See, jenen Gebieten außerhalb der Gerichtsbarkeit eines Landes, die fast die Hälfte der Oberfläche des Globus bedecken. Informationen über Fischereiaktivitäten sind für eine effektive, nachhaltige Fischereipolitik jedoch unerlässlich.

Die unabhängige Organisation Global Fishing Watch[→61] verwendet Satellitendaten, um die Öffentlichkeit über die Überfischung der Weltmeere zu informieren und den kommerziellen Fischfang transparenter zu machen. Dazu erstellt die Organisation nahezu Echtzeit-Karten, auf denen Fischereiaktivitäten verfolgt werden können.



Credit: Global Fishing Watch

Mit Satellitenbildern illegale Fischerei sichtbar machen

Die von Fischereifahrzeugen auf See gesammelten Daten sind eine wichtige Informationsquelle von Global Fishing Watch. Dazu gehören die Schiffsüberwachungssysteme AIS und VMS.

AIS-Daten (Automatic Identification System) sind unverschlüsselte Funksignale, die von Schiffen ausgesendet werden, um Kollisionen zu vermeiden und Behörden die Überwachung des Schiffsverkehrs zu ermöglichen. Jede ausgestrahlte AIS-Meldung enthält die Schiffsidentität, den Fanggerätetyp, die Geschwindigkeit, den Kurs und die Position. AIS ist auf Fischereifahrzeugen mit mehr als 300 Bruttotonnen vorgeschrieben, daher ist nur ein kleiner Teil der weltweit etwa 2,9 Millionen Fischereiboote mit dem System ausgestattet – der aber für einen unverhältnismäßig großen Teil des gefangenen Fisches verantwortlich ist.

VMS (Vessel Monitoring System) ist ein satellitengestütztes Überwachungssystem für Fischereifahrzeuge und wird von einzelnen Regierungen betrieben. Da die Signale verschlüsselt sind, können nur die jeweiligen Regierungen darauf zugreifen. Aktuell erhält Global Fishing Watch durch Partnerschaften die VMS-Daten von den Regierungen Indonesiens, Perus, Panamas und Chiles; weitere Vereinbarungen mit anderen nationalen Regierungen werden angestrebt.

Auch nachts erfasst Global Fishing Watch Daten, und zwar mit einem scannenden Radiometer, dem sogenannten VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite), das sich an Bord eines Wetter- und Umweltsatelliten befindet. Ursprünglich für Wetterbeobachtungen eingesetzt, kann VIIRS die hellen Lichter von Schiffen in der Nacht erkennen – und es werden auch Schiffe erfasst, die kein AIS oder VMS senden.

Aus diesen Daten erstellt Global Fishing Watch Livestream-Karten, die online öffentlich und kostenfrei zur Verfügung stehen. Auf den interaktiven Karte ist jederzeit einsehbar, wo und wie lange in Fischfanggebieten gefischt wird; illegale Fänge in Schutzzonen können in Echtzeit sichtbar gemacht werden.

Zum ersten Mal wird dabei auch das Ausmaß der Fischerei deutlich: Die Analysen der Organisation haben gezeigt, dass die Fischerei mehr als 55 Prozent der Meeresoberfläche bedeckt und damit flächenmäßig mehr als viermal so groß ist wie die Landwirtschaft.

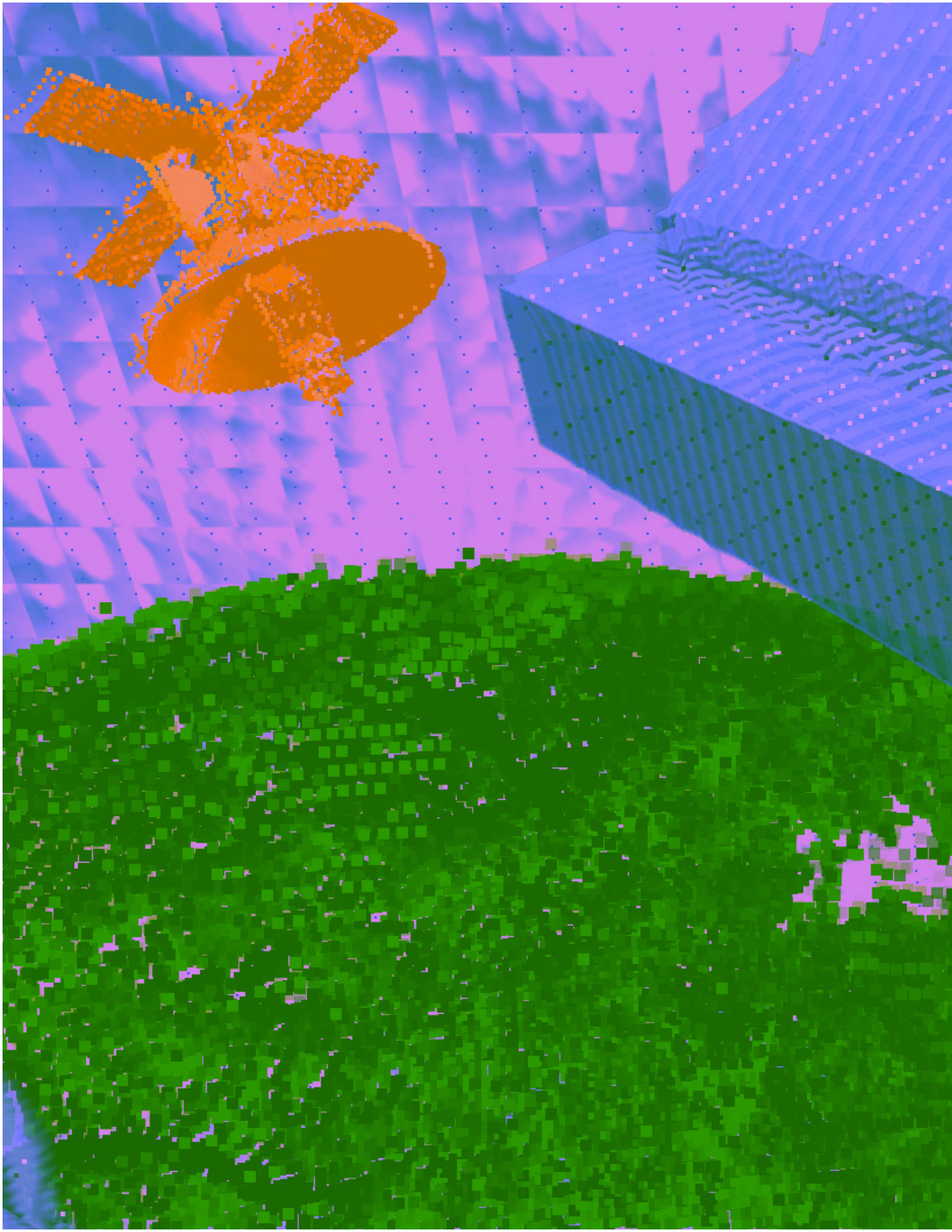
Ein wichtiges Werkzeug für effektive Schutzmaßnahmen

Global Fishing Watch unterstützt international anerkannte Forschungseinrichtungen dabei, neue Erkenntnisse über die komplexen Herausforderungen unserer Ozeane zu gewinnen. Zudem arbeitet die Organisation mit Regierungen zusammen, um Regulierungen besser zu überwachen und deren Durchsetzung zu unterstützen. Indonesien war beispielsweise 2017 die erste Nation, die Global Fishing Watch ihre VMS-Tracking-Daten zur Verfügung stellte und damit 5.000 kleinere kommerzielle Fischereifahrzeuge, die kein AIS verwenden, sofort auf die Karte setzte. Dies bringt neue Erkenntnisse über Schiffe, die in indonesischen Gewässern länger als für die ihnen zugewiesene Zeit fischen oder mehr als das gesetzliche Limit fangen.

Das Potenzial ist aber noch viel größer: Lieferant*innen von Meeresfrüchten und Einzelhändler*innen haben mit den Tools die Möglichkeit zu überprüfen, ob ihre Ware von legal und verantwortungsvoll arbeitenden Booten stammt. Forschende können damit gefährdete Gebiete identifizieren oder die Effektivität von Schutz- und Fischereipolitik bewerten. NGOs und Journalist*innen haben damit eine Datenbasis, um sich für einen stärkeren Schutz wichtiger Ökosysteme einzusetzen. Und Fischereibetriebe schließlich können damit nachweisen, dass sie legal und verantwortungsvoll arbeiten. Voraussetzung für diesen größeren Nutzen ist aber natürlich, dass die Verantwortlichen diese Werkzeuge auch tatsächlich einsetzen.

Die unabhängige Organisation Global Fishing Watch ist aus einer Partnerschaft zwischen Oceana, SkyTruth und Google entstanden. Die AIS-Daten bezieht die Organisation über Partnerschaften mit den Satellitendatenunternehmen Orbcomm und Spire.

Gesunde Ozeane regulieren unser Klima, sind eine lebenswichtige Nahrungsquelle für rund drei Milliarden Menschen und sichern den Lebensunterhalt von Millionen Menschen. Doch nicht-nachhaltige Fischereimethoden fordern einen hohen Tribut, denn dadurch werden marine Ökosysteme zerstört und schrumpfende Fischbestände bedrohen die Ernährungssicherheit. Schon jetzt gelten weltweit 30 Prozent der kommerziell genutzten Fischbestände als überfischt (FAO, 2018)[→60]. Die Ziele für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen (SDGs) beinhalten unter anderen auch das Ziel (14.4), den Fischfang zu regulieren und die Überfischung zu beenden, damit sich die Bestände wieder erholen können.

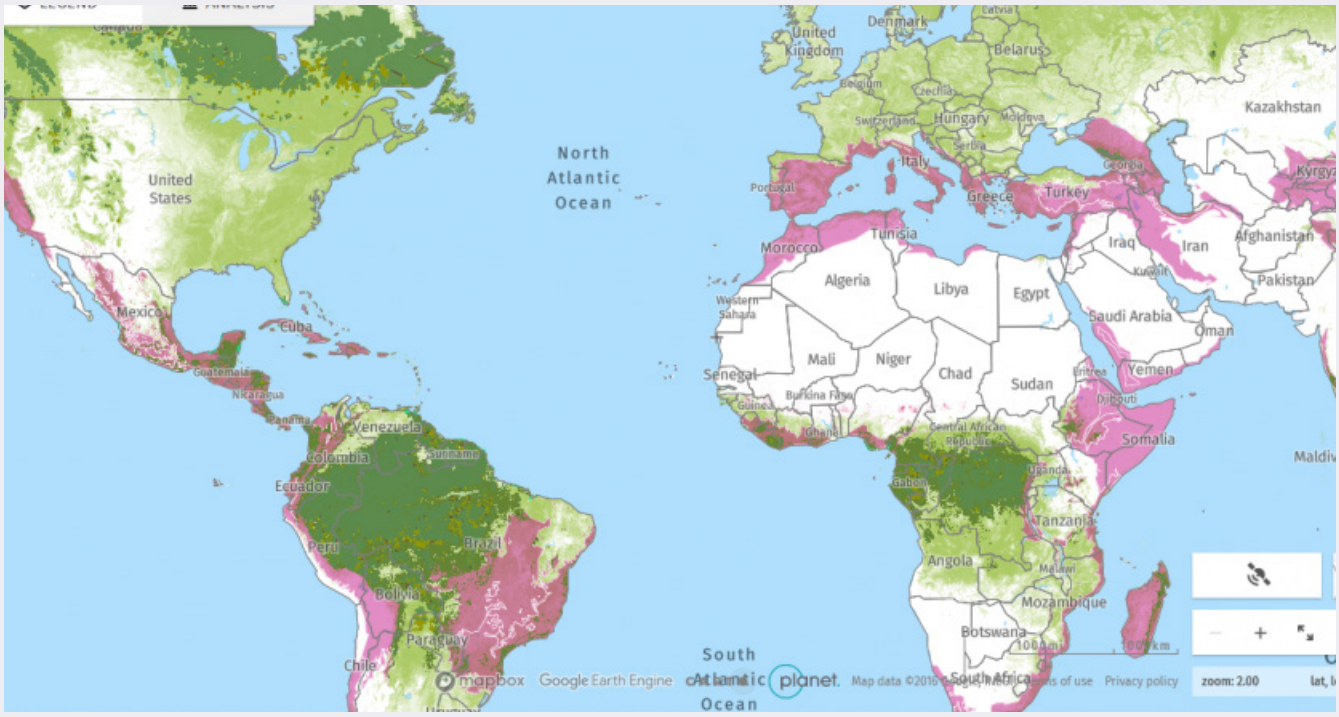


Wald-schutz

Hotspots der Entwaldung schneller erkennen

Waldschutz - Hotspots der Entwaldung schneller erkennen

Wälder sind die grüne Lunge unseres Planeten. Damit spielen sie eine entscheidende Rolle im Klimaschutz. Doch durch Abholzung schrumpfen diese Ökosysteme massiv. Mit Fortschritten in der Satellitenbildtechnologie lassen sich die Hotspots der Entwaldung schneller erkennen, die Ursachen erforschen und Maßnahmen besser anpassen. Und auch über den Gesundheitszustand der Wälder und sogar einzelner Bäume können uns Satellitenbilder viel verraten.



Credit: Screenshot Global Forest Watch

Global Forest Watch zeigt den Zustand der Wälder in Echtzeit – und hilft sie zu schützen

Mit den satellitenbasierten Karten von Global Forest Watch können Nutzer*innen auf Daten über Wälder weltweit zugreifen. Damit sind die Karten ein wichtiges Werkzeug, um gegen Abholzung und Brände vorzugehen.

2019 ging alle sechs Sekunden eine Fußballfeld-große Fläche Regenwald verloren[→62]. Dazu zählten insgesamt rund zwölf Millionen Hektar Baumbestand in den Tropen, fast vier Millionen Hektar davon waren über Jahrhunderte gewachsener, dichter Regenwald. Diese Wälder sind Lebensraum vieler Tiere und Pflanze und fungieren als wichtiger globaler CO2-Speicher[→63]. Doch unsere Wälder schrumpfen nicht nur durch die massive, teilweise illegale Abholzung. In den letzten Jahren haben zusätzlich, verstärkt durch den Klimawandel, verheerende Waldbrände gewütet, wie beispielsweise Anfang 2020 in Australien.

Mit der Online-Plattform und den interaktiven Karten der Organisation Global Forest Watch[→64] können Aktivist*innen, NGOs, Wissenschaftler*innen und Regierungen kostenlos auf einen riesigen Datenschatz über Wälder weltweit zugreifen. Mit den Daten können Abholzung und andere nicht nachhaltige Aktivitäten angeprangert, Landstücke und die darin enthaltenen Ressourcen verteidigt oder die Forschung für den Naturschutz vorangebracht werden.

Vom kleinen Netzwerk zu einer globalen Community

Gegründet wurde die Plattform 1997, über die Jahre hinweg wurde die Community, die

an oder mit der Plattform arbeitete, immer größer und internationaler. 2004 begann Global Forest Watch dann zum ersten Mal auch mit nationalen Regierungen zusammenzuarbeiten und gemeinsam Online-Karten der lokalen Baumbestände zu entwickeln. Laut eigenen Angaben wird die Plattform täglich von Tausenden Menschen genutzt.

Norwegen ermöglicht offenen Zugang zu hochauflösenden Satellitenbildern der Tropen

Um Initiativen beim Schutz der weltweiten Regenwälder zu unterstützen und den offenen Zugang zu deren hochauflösenden Satellitenbildern der Tropen zu ermöglichen, hat das norwegische Umweltministerium im September 2020 einen millionenschweren Vertrag[65] mit Kongsberg Satellite Services (KSAT) und seinen Partnern Airbus und Planet abgeschlossen. Der Zugang zu den detaillierten Satellitenbildern war bis dahin teuer und so nur wenigen privaten Akteuren vorbehalten. Nun können Nutzer*innen weltweit kostenlos auf verschiedene Bildarchive zugreifen.

Die Daten stammen aus den frei verfügbaren Satellitenmissionen der NASA, der ESA und neuerdings auch aus den hochauflösenden Bildern von Planet. Zudem werden weitere öffentlich zugängliche Informationen von Regierungen, NGOs, Forschungsinstituten oder Unternehmen einbezogen.

In Zusammenarbeit mit Greenpeace entstand 2006 die erste Karte über intakte Waldbestände weltweit. Neben Informationen über den Zustand der Wälder kamen weitere Informationen hinzu, beispielsweise über einzelne Rohstofflieferketten oder größerer Waldbrände. Seit 2017 können Nutzer*innen über eine App auch offline auf die Daten und Funktionen zugreifen. Durch die Kooperationen mit führenden Finanz- und Rohstoffunternehmen wurde 2019 zudem „GWF Pro“ gestartet. Mit diesem Projekt sollen Unternehmen darin unterstützt werden, illegale Rodungen in ihren Lieferketten zu vermeiden.

Heute können sich Nutzer*innen auf den interaktiven Karten der Plattform verschiedenste Informationen anzeigen lassen, zum Beispiel aktuelle Waldbrand- oder Abholzungswarnungen, Landnutzung und Bewaldung, die Standorte von Palmöl-Fabriken, CO2-Ausstoß durch Abholzung oder auch Gebiete, in denen es eine große Artenvielfalt gibt.

Global Forest Watch wirkt

Dass die Karten und Services Wirkung zeigen, belegt eine Studie von Fanny Moffette, Forscherin für angewandte Ökonomie am Nelson Institute for Environmental Studies (Moffette et al, 2021)[66]. Demnach ging die Abholzung in afrikanischen Ländern, in denen sich verschiedene Organisationen für den Empfang der Abholzungswarnungen von Global Forest Watch angemeldet haben, in zwei Jahren um 18 Prozent zurück.

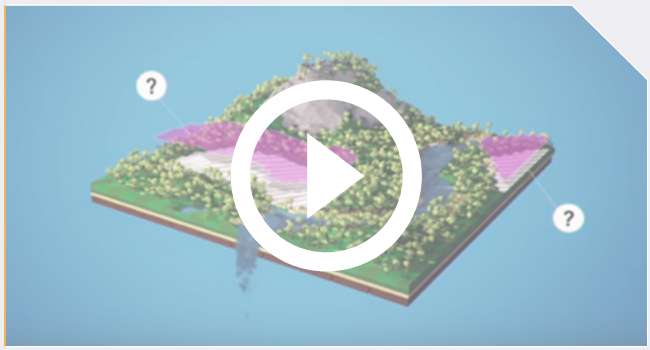
Viele Beispiele weisen darauf hin, dass das gesammelte und gebündelte Wissen auf den Karten von Global Forest Watch ein guter Ausgangspunkt ist, um politische

Auch die 2019 gestartete Plattform Open Surface[69] will Regierungen, Unternehmen und Forschenden helfen, durch die intelligente Zusammenführung riesiger Mengen von Landnutzungsdaten aus verschiedenen Quellen Entwaldung, Veränderungen von Teilflächen und Waldbrände schnell und effizient zu erfassen – und sogar zu prognostizieren. Dazu nutzt OpenSurface ein auf Fernerkundung und künstlicher Intelligenz basierendes Videovorhersagemodell.

Missstände aufzuzeigen und anzuprangern. Zahlreichen Nutzer*innen helfen die Informationen bei ihrem Engagement für den Schutz der weltweiten Waldbestände. Die philippinische Kongressabgeordnete Susan Yap berief sich beispielsweise auf Daten von GWF[67], die den Verlust von Mangrovenbeständen zeigten, um im Abgeordnetenhaus für den Schutz und die Aufforstung dieser Ökosysteme zu argumentieren. Daraufhin wurde ein Gesetz zur Erhaltung und Rehabilitierung der Mangrovenwälder gebilligt, das ein Verbot jeglicher Aktivitäten umfasst, die zur Beschädigung oder Zerstörung von Mangrovenwäldern führen. Auf der Webseite von Global Forest Watch finden sich noch viele weitere Beispiele, in denen die Karten ein wichtiges Instrument waren, um Schutzmaßnahmen voranzutreiben.

Der indigene Anführer Ianukulá Kaiabi Suiá von der braslianischen Associação Terra Indígena do Xingu (ATIX) betont die Bedeutung der Satellitenbilder auch für indigene Organisationen[68]: „Satellitenbilder sind ein mächtiges Werkzeug, da sie von den indigenen Gemeinschaften besser verstanden werden als Datenquellen aus Zahlen. Diese Bilder geben den Gemeinden ein besseres Verständnis für die Lage und das Ausmaß der Probleme, so dass ihre Aktionen besser geplant werden können."

Die US-amerikanische Umwelt-Denkfabrik World Resources Institute (WRI)[70] gründete 1997 die Plattform Global Forest Watch. Zu den Partnern, die GFW finanziell unterstützen, gehören das Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP), Google, Airbus, die University of Cambridge und viele weiter akademische und gemeinnützige Organisationen.



Video Global Forest Watch: Monitoring von Wäldern in nahezu Echtzeit

>YOUTUBE

KAPITEL 06 / CASE II

Credit: Green City Watch

Green City Watch: Ein digitaler Gesundheitscheck für Stadtbäume

Green City Watch arbeitet mit Geodaten und künstlicher Intelligenz, um die Pflege von Grünflächen und Bäumen in Städten zu optimieren.

Wälder nehmen Kohlenstoff auf, unterstützen die Artenvielfalt und wirken sich auch auf unsere psychische Gesundheit positiv aus. Daher scheint jede Initiative, die abgeholzte Gebiete wieder mit Bäumen bevölkert oder städtische Gebiete begrünt, ein großer Gewinn für Mensch und Tier zu sein. In der Praxis erfordert die Schaffung neuer Wälder jedoch mehr, als nur einen Samen in den Boden zu stecken. Damit aus Samen und Stecklingen stattliche Bäume heranwachsen, braucht es die richtige Pflege – und ein gutes Netzwerk.

In der „freien Natur“ sind Bäume Teil eines „Wood Wide Webs“, eines riesigen unterirdischen Netzwerks aus Pilzen, Bakterien und Pflanzenwurzeln. Dieses Netzwerk bietet wichtige Strukturen, über die Bäume nicht nur Nährstoffe aus dem Boden, sondern auch lebenswichtige Informationen über ihre ökologische Umgebung austauschen können. Fehlen diese unterirdischen Systeme, wird es für junge Bäume schwieriger, zu überleben. Die meisten Stadtbäume besitze kein solches Netzwerk. Verkehrsemissionen, Müll und Platzmangel für ihre Wurzeln üben zusätzlichen Druck auf die Bäume aus. Ein Baum mit einer durchschnittlichen Lebenserwartung von normalerweise über 130 Jahren wird in einer städtischen Umgebung oft nur wenige Jahre alt. Daher brauchen Bäume Hilfe, um auch hier gut wachsen zu können.

Jeder Baum hat eine einzigartige „spektrale Signatur“, die wichtige Erkenntnisse über seinen Gesundheitszustand liefert. Diese Bilder werden in der Regel von Satelliten oder manchmal auch von Drohnen aufgenommen und messen die reflektierte Energie innerhalb mehrerer bestimmter Abschnitte des elektromagnetischen Spektrums (auch Bänder genannt) . Sie können zeigen, wie viel sichtbares Licht von den Pflanzenblättern absorbiert und wie viel reflektiert wird. Die Gesundheit der Vegetation, wie die von Bäumen, kann durch die Messung des Unterschieds zwischen der Reflexion von Nahinfrarot (das gesunde Vegetation stark reflektiert) und rotem Licht (das gesunde Vegetation und insbesondere das Chlorophyll in ihr stark absorbiert) geschätzt werden.

An dieser Stelle kommt Green City Watch[→71] ins Spiel. Seit 2018 nutzt die in Amsterdam ansässige Open-Source-Initiative eine aufstrebende wissenschaftliche Disziplin namens „geospatiale künstliche Intelligenz“ (oder GeoAI), die ökologisches Engineering, maschinelle Lerntechniken und Fernerkundungsmethoden kombiniert, um Einblicke in die Gesundheit und das Wohlbefinden des städtischen Grüns zu geben und zu ermitteln, wo beim Bau neuer Grünflächen die größte Wirkung erzielt werden kann.

Wie Mitgründerin Nadina Galle erklärt, nutzt Green City Watch Technologie, „um zu verstehen und dort einzugreifen, wo städtische Umgebungen diese Störungen verursachen.“

Einblick in die Gesundheit von Stadtbäumen - von oben

TreeTect, eine Open-Source-Software von Green City Watch, sammelt mithilfe von Satellitenbildern und maschinellem Lernen Informationen über die Anzahl und den Gesundheitszustand von Stadtbäumen und ermöglicht es den Nutzer*innen, ein KI-gestütztes digitales Bauminventar zu erstellen. Durch die Verwendung von hochauflösenden Satellitenbildern ist TreeTect in der Lage, große Bereiche städtischer Terrains zu scannen, um sowohl die Quantität als auch die Qualität der Grünflächen in Städten zu überprüfen. Dabei kann die Technologie Datensätze bis zu einer Auflösung von einem Quadratmeter messen. Der Baumerkennungsalgorithmus ist in der Lage, den Standort, die Größe, die Form - und sogar den Gesundheitszustand - von einzelnen Bäumen nahezu in Echtzeit zu bestimmen.

Green City Watch bezieht seine visuellen Erkenntnisse aus verschiedenen Quellen - darunter Daten der Sentinel-Satelliten, kommerzielle Bilder von Maxar Technologies und Planet Labs sowie von Drohnen gemachte Aufnahmen. Die Anwendung von KI-Algorithmen zur Nutzung und Verarbeitung der Daten ermöglicht die Analyse und Visualisierung von Räumen in großem Maßstab sowie die Überwachung von Veränderungen in Grünflächen über längere Zeiträume. Zudem kann KI auch Muster aus großen Datenmengen extrahieren, die von menschlichen Analyst*innen übersehen würden oder deren Analyse einfach zu lange dauern würde.

Technologie im Dienste der Natur

Die Erkenntnisse sind für eine Vielzahl von Anwender*innen von Bedeutung, nicht nur für Förster*innen und Baumpfleger*innen: Datenwissenschaftler*innen, Anwoh-

ner*innen und politische Entscheidungsträger*innen können diese Daten nutzen, um städtische Umgebungen umfassender zu verstehen, ihre Grünflächen zu verwalten und den Erfolg von Stadtbegrünungsprojekten zu messen.

Bislang hat Green City Watch mit über 30 Städten auf der ganzen Welt zusammengearbeitet, von Amsterdam bis Jakarta. Das Team hat zum Beispiel in Kooperation mit den City Planning Labs (CPL) der Weltbank in 26 der bevölkerungsreichsten Städte Indonesiens die dortigen Grün- und Bauräume kartiert, um Interventions-Hotspots und -möglichkeiten zu identifizieren. In Tiflis, Georgien, hat die Organisation den lokalen Behörden, die den Bau neuer Parks planen, Informationen über die Bodenqualität zur Verfügung gestellt. Und in ihrer Heimatstadt Amsterdam nutzte die Initiative die Fernerkundungstechniken, um stehendes Wasser in der Stadt zu kartieren und so das Hochwasserrisiko zu berechnen.

Die Grundmotivation von Green City Watch ist es, gesunde Beziehungen zwischen menschlichen Gemeinschaften und der lokalen Forstwirtschaft zu pflegen. „Wir müssen den Sinn für den Wert von Bäumen wiederherstellen und erkennen, dass sie wichtige Teile unserer Stadtlandschaften sind, die nicht einfach ersetzt werden können“, sagt Nadina Galle.

Seit 2018 hat GreenCityWatch mit über 30 Städten auf der ganzen Welt zusammengearbeitet. Unterstützt wurde die Organisation von Maxar Technologies, Planet und der Weltbank und von Copernicus Masters ausgezeichnet.

Green City Watch: Städte und das „Internet der Natur“

>YOUTUBE

INTERVIEW

Das EcoVision Lab will die weltweite Biomasse kartieren und so die Umwelt besser schützen

Interview mit Jan Dirk Wegner und Nico Lang vom EcoVision Lab

Das EcoVision Lab der ETH Zürich[72] arbeitet an der Entwicklung eines Tools, das auf Grundlage von Fernerkundungsdaten die Biomasse weltweit kartiert. Damit will die Forschungsgruppe eine objektive und transparente Entscheidungsgrundlage für die Landnutzungsplanung schaffen und Biodiversität und wichtige Waldflächen erhalten. Wie das genau funktioniert, darüber sprechen Jan Dirk Wegner und Nico Lang.

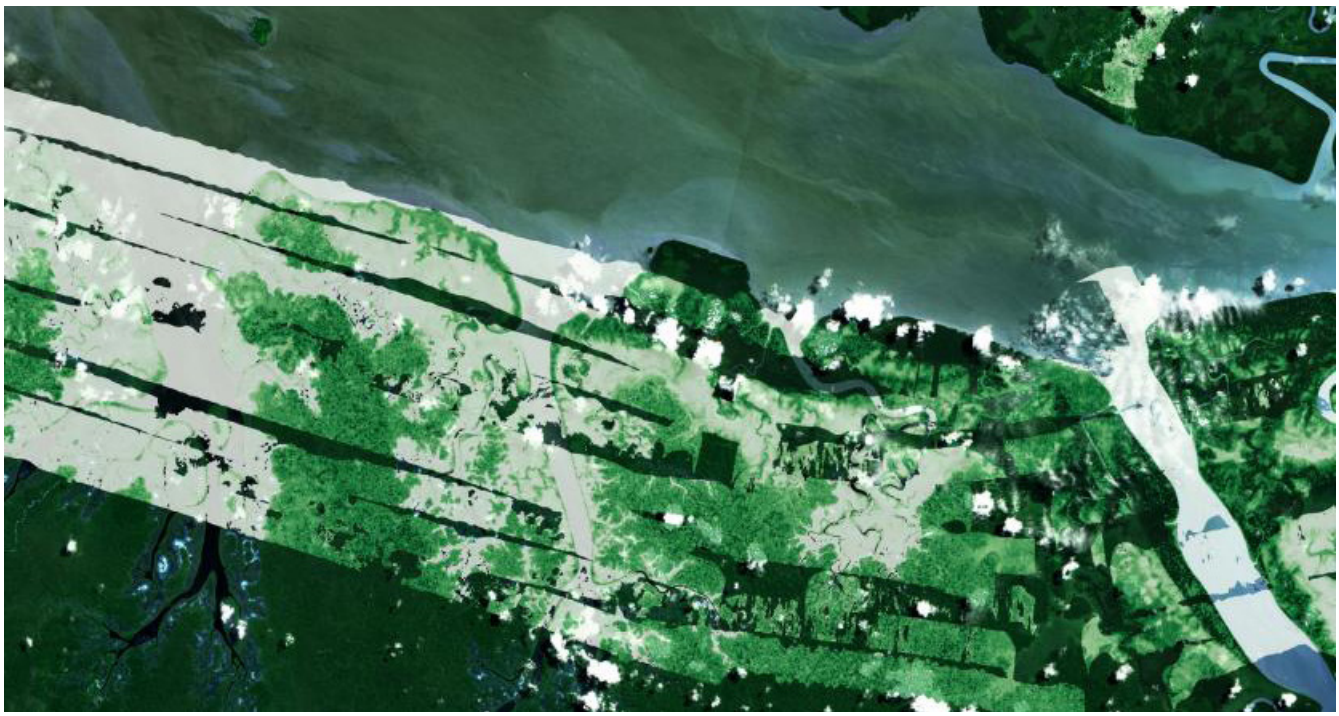
Jan, du hast das EcoVision Lab an der ETH Zürich vor knapp vier Jahren ins Leben gerufen. Was macht ihr da?

> Jan: Die persönliche Motivation dahinter war es, etwas Sinnvolles im Sozial- und im Umweltbereich zu machen. Natürlich haben wir jede Menge Kollegen, die in dem Bereich tätig sind. Das sind sehr viele gute Forscher, sie bringen aber nicht so sehr dieses technische Knowhow mit, gerade im Machine-Learning-Bereich. Die Idee war, dass wir genau das beitragen. Deshalb suchen wir uns immer Partner aus den angrenzenden Fachbereichen, identifizieren dort naturwissenschaftliche Probleme und schaffen dann auf Machine-Learning-Seite Innovationen, auf einem sehr technischen Level. Das ist unser Ansatz und wir kennen eigentlich sonst keine Gruppen, die das so machen.

Bei der Arbeit im EcoVision Lab setzt ihr vor allem auf Fernerkundung, richtig?

> Jan: Ja. Da unser Team Teil einer Fernerkundungsgruppe ist und wir dort sehr viel Erfahrung mitbringen und auch viel Software haben, um zum Beispiel Satellitenbilder sofort zu verarbeiten, arbeiten wir häufig mit Fernerkundungsdaten. Wir können aber grundsätzlich jegliche Art von Daten verarbei-

Jan Dirk Wegner, ein gebürtiger Oldenburger, studierte Geodäsie und Geoinformatik an der Leibniz Universität Hannover und schrieb dort auch seine Doktorarbeit. 2012 kam er zunächst als Postdoc zur ETH Zürich, arbeitete dort viel im Bereich Computer Vision und gründete dort das EcoVision Lab. **Nico Lang** hat seinen Master in Geomatik an der ETHZ absolviert, ist über Jan zum Machine Learning gekommen und promoviert aktuell in der Forschungsgruppe des EcoVision Lab.



Credit: Sentinel-2 (ESA) und NASA LVIS

ten. Wir nutzen zum Beispiel auch Social-Media-Bilder und zunehmend auch Klima- und Wetterdaten. Wir können auch textbasierte Daten verwenden, also zum Beispiel Fragebögen maschinell auswerten. Das haben wir zum Beispiel in einem kleinen Projekt gemacht, in dem es darum geht, Kinderarbeit im Kakaosektor abzuschätzen.

Eines eurer aktuellen Projekte ist die Entwicklung eines High Carbon Stock Mapping Tools, eines globalen Werkzeugs zur Kartierung von Biomasse. Dieses Tool soll auf dem „High Carbon Stock Approach“ aufbauen. Was genau verbirgt sich hinter diesem Ansatz?

Nico: Der High Carbon Stock Approach ist eine Methode, die von verschiedenen NGOs wie Greenpeace und WWF in Zusammenarbeit mit großen Firmen, zum Beispiel Plantagenbesitzern oder Unternehmen, die Rohstoffe von Plantagen verarbeiten, entwickelt wurde. Der HCS Approach soll ein Instrument für die Landnutzungsplanung werden. Er unterscheidet Waldflächen, die besonders schützenswert sind, die zum Beispiel hohe Biomasse und hohe Biodiversität vorweisen, und Landflächen, die weniger schützenswert sind, wo zum Beispiel wirtschaftliche Entwicklungen stattfinden könnten.

Wie sieht denn der Kriterienkatalog dafür aus? Anhand welcher Aspekte können also Landflächen identifiziert werden, die „weniger schützenswert“ sind?

Nico: Der HCS Approach hat ein Regelwerk dafür definiert, wie man schützenswerten Wald von nicht schützenswertem Wald unterscheiden kann. Da spielen verschiedene Indikatoren zusammen, zum einen die Biomasse, zum

anderen aber auch die Biodiversität. Ein Hauptkriterium ist, wie viel Kohlenstoff in so einem Waldstück gespeichert ist. Und der HCS Approach berücksichtigt auch die Rechte der lokalen Bevölkerung. Nicht alle Indikatoren sind also direkt messbar, sondern man muss sich konkret vor Ort anschauen, wie eine Landfläche zur Zeit genutzt wird.

Es gibt also bereits entsprechende Karten zur Darstellung des Carbon Stock. Warum braucht es zusätzlich noch euer Tool?

Jan: Wenn ein Konzern eine Plantage erweitern will, gibt es zwar schon jetzt legale Anforderungen in den Anbauländern, die sind aber häufig sehr intransparent. Man hat da viel mit lokalen Behörden zu tun, mit verschiedenen administrativen Einheiten und gleichzeitig mit Consultingfirmen, die zum Beispiel diese Carbon-Stock-Karten erstellen. Da die Consultingfirmen von den Anbaufirmen beauftragt werden, führt das eben – wenig erstaunlich – dazu, dass der Carbon Stock häufig unterschätzt wird. Das heißt, Plantagen werden zu sehr erweitert, obwohl angeblich ein objektiver Ansatz vorliegt.

Mein Eindruck ist daher, dass es komplett an Möglichkeiten fehlt, objektives Monitoring von den Gegebenheiten vor Ort durchzuführen, auf eine wiederholbare, transparente Art und Weise, die dann auch für alle gilt und an die sich alle Firmen halten.

Die Frage wäre aber, warum sich die Nahrungsmittelproduzenten daran halten sollten…?

Jan: Sicherlich wäre ein Grund, dass aus der Öffentlichkeit ein immer höher werdender Druck auf die Firmen zukommt. Und es kommt auch Druck von journalistischer, wissenschaftlicher und auch von politischer Seite. Das hilft sicherlich auch, so eine Entwicklung voran zu treiben. Die Sustainability Units in den großen Firmen erhalten jetzt mehr Gewicht.

Mit welchen Technologien bzw. mit welchen Daten soll denn diese objektive Grundlage, die ihr anstrebt, geschaffen werden? Was ist der Entwicklungsansatz eures Tools?

Nico: Wir verwenden frei verfügbare Satellitenbilder der ESA, von Sentinel-2. Es ist allerdings für Menschen sehr schwierig, diese Satellitenbilder zu interpretieren – mit Machine Learning geht das viel besser. Unser Ansatz kombiniert letztlich verschiedene Datensätze: Wir trainieren unser Modell mit Referenzdaten, zum Beispiel mit Daten zur Vegetationshöhe oder zur Biomasse, sodass es genau diese Indikatoren aus dem Satellitenbild detektieren oder messen kann. Für ein menschliches Auge wäre das gar nicht möglich.

Credit: EcoVision Lab; J. D. Wegener (hinten Mitte links), N. Lang (hinten links)

Warum setzt ihr hierfür auf Satellitenbilder? Gäbe es auch andere Möglichkeiten?

Nico: Ein Hauptvorteil von den Satelliten dieser Mission ist, dass sie alle fünf Tage am gleichen Ort erneut aufgenommen werden. So kriegen wir ein relativ aktuelles Bild der Situation. Und sie sind natürlich global verfügbar. Das ist der größte Vorteil gegenüber anderen Methoden, wie zum Beispiel Drohnen. Aber es gibt auch andere Messmethoden, wie SAR (Synthetic Aperture Radar, Anmerkung der Redaktion), das sind Radardaten. Unser Ziel ist es, auch diese Daten als Input zu verwenden. Der Vorteil wäre dann, dass diese Daten unabhängig von der Bewölkung sind. Gerade in den tropischen Gebieten ist eine Störung der Daten durch Wolken sehr kritisch.

Jan: Aktuell werden solche Karten zum Carbon Stock mithilfe luftgestützter Daten erstellt, wie etwa mit einem Laserscanner, der die Messung vom Flugzeug aus vornimmt. Das Problem dabei ist, dass diese Missionen sehr teuer sind, weil man eine flugzeuggestützte Mission zum Beispiel dann von Jakarta aus starten muss. Man muss das Flugzeug erst dorthin bringen, alles einrichten, dann muss man auf gutes Wetter hoffen und erst dann geht's los. Und es ist in diesem Sinne auch nicht wiederholbar. Demgegenüber haben also die Satellitenbilder, die wir nutzen, einen riesigen Vorteil. Hinzu kommt, dass wir Daten nutzen wollen, auf die alle zugreifen können, jeder Mensch. Wir planen, den Source Code unseres Tools zu veröffentlichen. Neben Transparenz bedeutet das zugleich auch, dass eventuelle Fehler von anderen aufgedeckt werden können. Dadurch erhoffen wir uns eine höhere Akzeptanz – und letztendlich eine bessere Qualität und auch Objektivität durch möglichst viele Anwender.

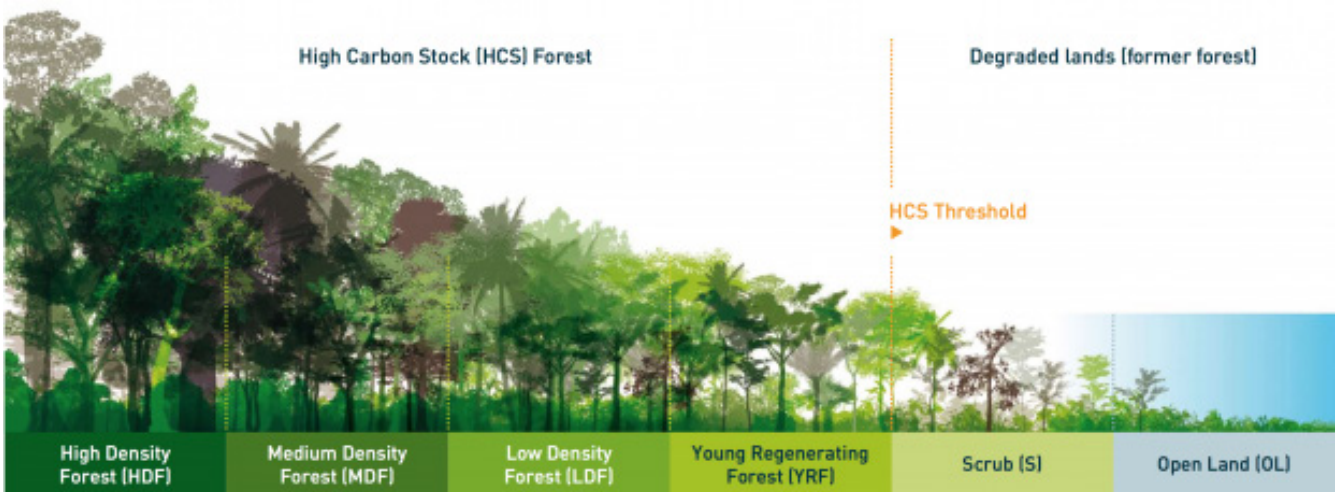
Was macht ihr dann genau mit den Satellitendaten?

Nico: Der erste Schritt ist, dass wir die Satellitenbilder atmosphärisch korrigieren. Da diese sehr viel Störungen zwischen der Erdoberfläche und dem Bildsensor haben, müssen wir die zuerst herausrechnen. Dafür gibt es standardmäßige Tools, die wir einfach von der ESA übernehmen. Wenn wir dann ein klareres Bild haben, kombinieren wir das georeferenzierte Satellitenbild mit anderen georeferenzierten Referenzdaten, die wir zum Beispiel von luftgestützten Laser-Scanning-Messkampagnen bekommen. Wir können zum Beispiel die Vegetationshöhe aus 3D-Daten ableiten und mit den Satellitenbildern kombinieren – und das ist schlussendlich der Trainingsdatensatz für den Algorithmus. Anschließend sucht unser Convolutional Neural Network, ein künstliches neuronales Netz, nach Textur, nach Mustern, die helfen, zum Beispiel die Vegetationshöhe aus dem Bild zu schätzen. Diese Sentinel-2-Bilder sind sogenannte multispektrale Bilder, haben also RGB-Kanäle wie eine normale Handykamera, außerdem aber auch noch weitere Kanäle im Infrarot-Bereich, die auch helfen können, Muster zu finden. Die Stärke eines solchen Convolutional Neural Networks kommt also dadurch, dass es Texturmerkmale erkennen und lernen kann.

Soweit ich weiß, haben eure zugrunde liegenden Bilddaten eine Auflösung von zehn mal zehn Metern. Was kann man daraus ablesen und wo sind die Grenzen?

Nico: Also die Einzelbaumerkennung ist schon limitiert. Trotzdem erlaubt es das Tool, relativ regionale Entscheidungen zu treffen, für Waldstücke.

Jan: Du hattest ja auch nach den Grenzen gefragt. Da ist es wichtig zu betonen, dass wir eine sogenannte indikative HCS Map erstellen. Was darin fehlt, sind Hinweise, die wir vom All, vom Satelliten aus, nicht erkennen können. Das sind zum Beispiel bestimmte Indikatoren für Biodiversität. Denn Flächen mit sehr hoher Biodiversität sollen ja auch geschützt werden. Und wenn es zum Beispiel Communities vor Ort gibt, Gemeinden oder auch Ureinwohner, die dort alte Rechte an diesem Land haben, können wir das vom Satelliten aus auch nicht erkennen. Genau das sind aber Informationen, die ebenfalls mit eingebaut werden sollen. Das heißt, unsere Karte, die wir jetzt liefern, ist noch nicht „fertig“. Sie misst einfach objektiv Biomasse und was das für Biomasse ist. Aber dann kommen noch zusätzliche Informationen dazu, die zum Beispiel von den Menschen vor Ort, von Greenpeace oder anderen NGOs geliefert werden. Am wichtigsten sind hier die bestehenden Rechte von Gemeinden vor Ort, der Bevölkerung vor Ort und der Ureinwohner.



Credit: highcarbonstock.org

Wie gelangt ihr an die Daten als Grundlage für euer Tool – und wie verarbeitet ihr diese sicherlich gewaltigen Datenmengen überhaupt?

Nico: Stimmt, das sind Terabytes von Bilddaten, die wir runterladen. Wir haben das Glück, dass wir ein großes Cluster haben, also ein Rechenzentrum, wo wir das schlussendlich rechnen. Auf einer lokalen Maschine wird das schon schwierig, wenn man größere Gebiete analysiert.

Jan: Das ist ein ganz wichtiger Punkt, den du hier ansprichst, denn das ist das „Bottle Neck“ bei so einer Methode. Das Problem ist gar nicht, so viele Daten zu verarbeiten, denn dafür muss man einfach Rechenpower kaufen oder bereitstellen. Sondern das eigentliche Problem ist, die Daten runterzuladen und zwar möglichst zeitnah – und es werden ja ständig wieder neue Daten erfasst. Jetzt machen wir das auf dem ETH-Supercomputer, aber wenn man es nachher in die Anwendung bringt, braucht man eigentlich eine Cloud, wo eine viel größere Bandbreite zur Verfügung steht, um automatisch diese Satellitenbilder der ESA runterzuladen bzw. wo diese immer schon vorliegen. Da braucht es dann wahrscheinlich ein spezielles Agreement mit der ESA, um das zu schaffen.

Welche anderen Nutzungsmöglichkeiten könnte euer globales Kartentool noch bieten?

Jan: Ganz generell ist momentan kein Tool verfügbar, das Biomasse mit der Genauigkeit, wie wir sie anpeilen, misst. Die beste Karte, die wir kennen, hat eine 100-Meter-Auflösung – wir wollen eine 10-Meter-Auflösung. Wir verbessern also die weltweite Biomasse-Karte drastisch in ihrer räumlichen Auflösung und in ihrer Genauigkeit. Und wir gestalten sie so, dass wir sie beinahe kontinuierlich in nahezu Echtzeit updaten können, was momentan noch unmöglich ist. Sowas ist natürlich ganz wesentlich für viele Anwendungen. Zum

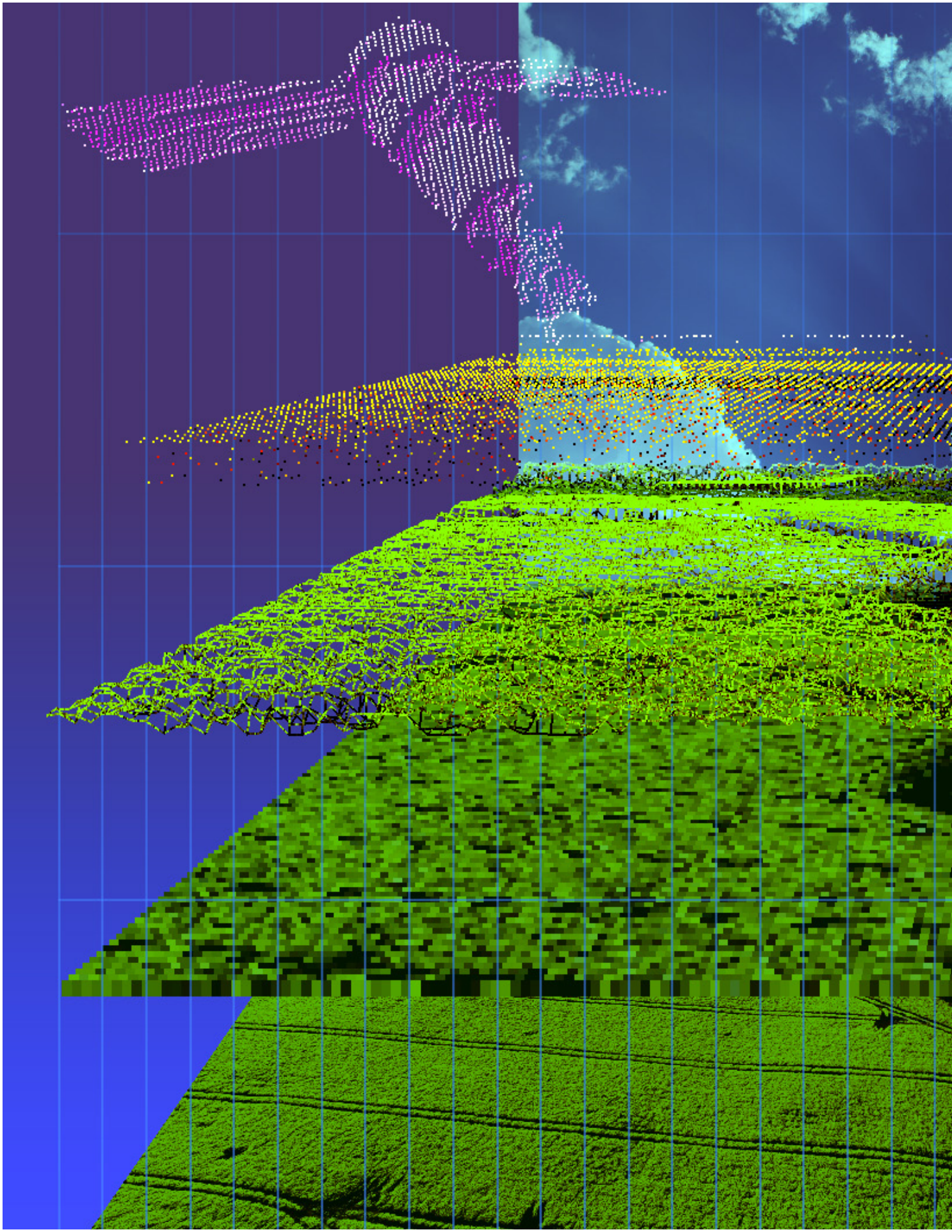
Beispiel Raumplanung: Wenn die indonesische Regierung neue Gebiete plant für die Besiedlung von Menschen oder für Industriegebiete, dann sollten Gebiete mit hoher Biomasse, die wir als schützenswert ansehen, bei der Planung berücksichtigt werden: dass eben nur dort neue Siedlungen angelegt werden, wo man möglichst wenig Natur zerstört.

Auch die Klimaforschung ist eine potenzielle Anwendung, denn eine hohe Biomasse steht natürlich auch für große Kohlenstoffspeicher bzw. Sauerstoffspender. Und auch für die Biodiversität-Modellierung ist eine hochgenaue Biomasse-Karte sehr wichtig, denn eine hohe Biodiversität korreliert oft mit hoher Biomasse: Dort wo dichte Urwälder sind, gibt es auch eine große Artenvielfalt.

Wie geht es weiter, wenn das Tool fertig ist? In welchem Rahmen und von wem soll es genutzt werden?

Jan: Ich denke, dass viele Firmen ein großes Interesse daran haben. Unsere Idee ist ein lizensiertes Tool mit einem Webinterface, auf das jedes Unternehmen zugreifen könnte und das im Selbstkostenpreis dann eine HCS-Karte erstellt bzw. Zugriff darauf gibt. Beim HCS-Verfahren gibt es immer ein unabhängiges Gremium an Wissenschaftlern, an Experten, die bei jeder Anfrage von der Firma zu einer Plantagenerweiterung darauf schauen, ob das aufgrund dieser Karte nun in Ordnung ist oder nicht, unter Berücksichtigung älterer Rechte von Ureinwohnern. Wir stellen uns das als ein Modell vor, durch das Unterhalt, Personal und auch die Cloud-Infrastruktur für das Tool finanziert werden könnte. Man könnte auch die Vereinten Nationen ansprechen, das ist aktuell noch nicht ganz klar. In jedem Fall ist es aber ein Non-Profit System, wir haben also nicht die Vorstellung, damit Geld zu verdienen.

Wir hoffen, dass unser Tool zu einem Standard wird – vergleichbar vielleicht mit dem RSPO, dem Roundtable on Sustainable Palm Oil. Dadurch, dass sich gewisse Standards etablieren, die jeder einhalten muss, haben alle die gleiche Einsicht, gleiche Chancen und Nachteile. Auch wenn es Unstimmigkeiten gibt, können sich alle auf die gleichen Ergebnisse, das gleiche Tool beziehen. Das ist meine Hoffnung und ich bin da momentan optimistisch!

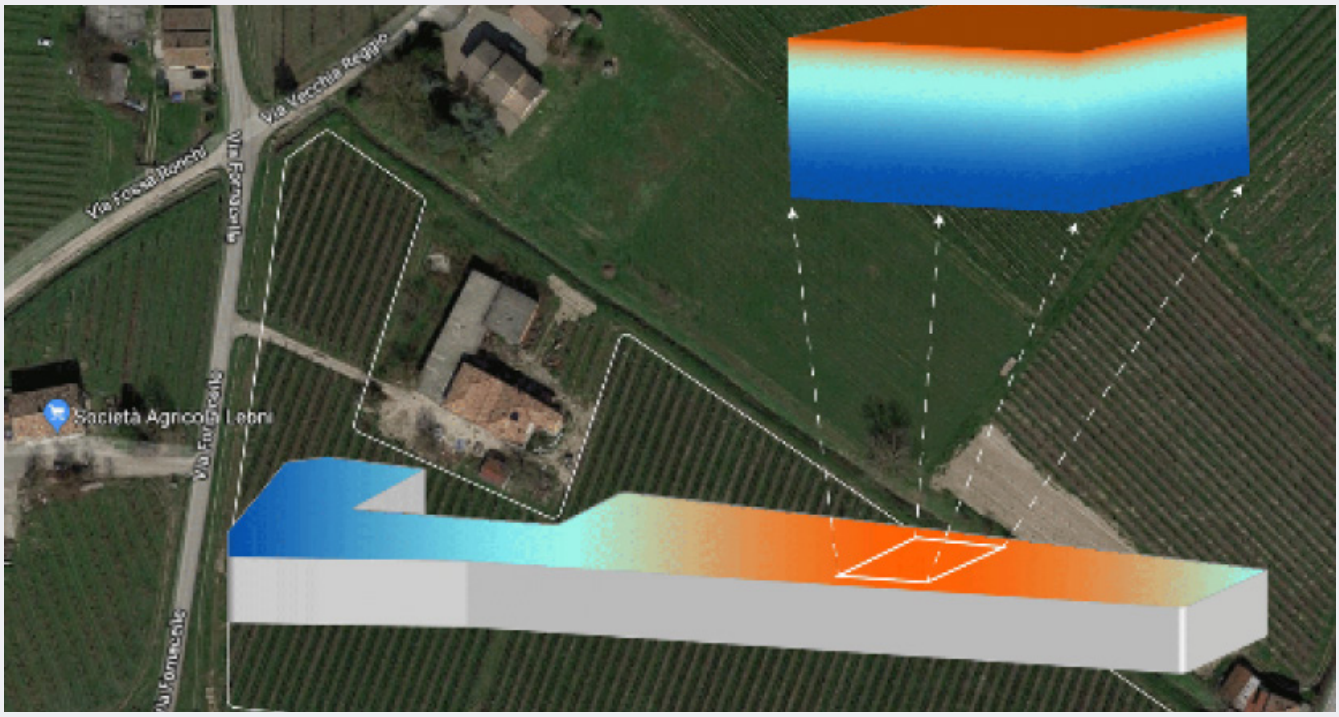


Landwirt-schaft

Precision Farming mit Felddaten

Landwirtschaft – Precision Farming mit Felddaten

Wie ist der Zustand von Kulturpflanzen? Was brauchen sie? Satellitenaufnahmen in Kombination mit unter anderem Wetterdaten können darüber Aufschluss geben, welche Mengen Wasser oder Nährstoffe Feldfrüchte zu welchem Zeitpunkt brauchen – und helfen so, kostbare Ressourcen zu sparen. Und auch Hirt*innen in Afrika bekommen Unterstützung von den Informationen der Erdtrabanten.



Credit: SmartCloudFarming

SmartCloudFarming: 3D-Bodenkarten machen Landwirtschaft umweltfreundlicher

Ein junges Unternehmen aus Berlin will mit 3D-Bodenkarten die Landwirtschaft emissionsärmer und ressourcenschonender machen. Die Daten dafür liefern Satelliten- und Luftbilder.

Unsere Nahrungsmittelproduktion ist in ihrer derzeitigen Form alles andere als zukunftsfähig. Intensive Anbaupraktiken und der massive Einsatz von Chemikalien laugen die Böden aus und belasten die Gewässer. Dazu kommt: Die Landwirtschaft ist für einen enormen Wasserverbrauch verantwortlich. Der Weltagrarbericht[→73] beziffert diesen mit einem Anteil von rund 70 Prozent an unseren gesamten Trinkwasservorräten weltweit. Und dabei leben laut der Water Scarcity Clock[→74], einem interaktiven Webtool des World Data Labs, schon heute etwa 2,3 Milliarden Menschen auf der Welt in einer Situation der Wasserknappheit, Tendenz steigend. Verschärfend kommt hinzu, dass der globale Temperaturanstieg, der in vielen Regionen zu Dürreperioden führt, zu einem Anstieg der Wassernachfrage führt – insbesondere in Europa, das in den letzten Jahren beispiellose Hitzewellen erlebte.

Ein Grund für den hohen Wasserbedarf ist die Wahl der Feldfrüchte, denn es wird nicht unbedingt das gesät, was bei den jeweiligen klimatischen Bedingungen sinnvoll ist. Allzu oft wachsen wasserintensive Pflanzen auf wasserarmen Äckern. Andere Gründe sind veraltete oder nicht den Bedingungen angepasste Bewässerungstechniken. Es ist also dringend nötig, den globalen Wasserverbrauch in der Landwirtschaft zu reduzieren.

Das Spin-off SmartCloudFarming[75] der Technischen Universität Berlin hat sich vorgenommen, mit seiner Lösung eine bodenschützende und emissionsarme Landwirtschaft zu unterstützen. Die Gründer Michele Bandecchi und Suvrajit Saha mit ihrem internationalen Team aus Boden- und Datenspezialist*innen setzen auf datengetriebenes Bodenmanagement. „Wir verwenden Satellitendaten und Bildaufnahmen, um eine flächendeckende Bodenanalytik durchzuführen und wichtige Parameter wie Bodenfeuchtigkeit, organisch gebundenen Kohlenstoff und Bodennährstoffe zu ermitteln und diese anschließend auf einer 3D-Bodenkarte darzustellen“, beschreibt Suvrajit Saha den Ansatz. Algorithmen auf Basis neuronaler Netzwerke werten dazu die Bilder automatisiert aus.

Auch die Waterfox-App von Heliopas.ai[76] kombiniert Daten von unter anderem von Satelliten und Wetterstationen mithilfe künstlicher Intelligenz, um Landwirten über eine App zuverlässige Empfehlung für die wassersparende Bewässerung ihrer Felder zu geben. Die Empfehlungen sind abhängig vom Wetter, dem Zustand der Pflanze und der Art des Bodens. Waterfox funkioniert ohne zusätzliche Geräte oder Sensoren auf den Feldern.

Heute geschieht das Bodenmanagement noch primär händisch, was einen hohen Zeitaufwand mit sich bringt. Die Lösung von SmartCloudFarming soll dagegen viele Arbeitsschritte remote, also aus der Ferne, erledigen. Von dem vereinfachten und digitalen Bodenmanagement sollen Landwirt*innen und Agrarunternehmen profitieren. Über die Bodenkarten erfahren sie, wie der Bodenzustand unterhalb der Oberfläche ist - und zwar flächendeckend statt punktuell. Mit diesem Wissen können sie die Fruchtbarkeit der Böden und somit den Ertrag erhöhen und die Bewässerung optimieren. Gleichzeitig erhoffen sich Saha und sein Team von den 3D-Bodenkarten auch einen unmittelbaren Effekt auf Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit, denn das intelligente Bodenmanagement soll den Wasserverbrauch reduzieren und die landwirtschaftlichen Emissionen sowie den Verbrauch von Düngemitteln minimieren.

Für seine Karten greift SmartCloudFarming auf öffentlich verfügbare Satellitenbilder und Luftaufnahmen zu, zum Beispiel auf die optischen und Radardaten der Sentinel-Satelliten sowie der Landsat-Mission. „Derzeit bieten wir eine Auflösung von 30 mal 30 Metern. Unsere Treffsicherheit liegt dabei im Schnitt bei über 90 Prozent und ist damit erstaunlich hoch“, so Saha. “Später werden wir darüber entscheiden, ob wir auch auf Daten von kommerziellen Satelliten mit hoher Auflösung zurückgreifen wollen.“

SmartCloudFarming ist ein Spin-off der Technischen Universität Berlin und wird unter anderem von der DBU, Fraunhofer Venture und Copernicus Incubation gefördert.

AfriScout: Mit dieser App finden Hirt*innen in Afrika Weideland

Der Klimawandel und eine veränderte Landnutzung macht es für Hirt*innen in Subsahara-Afrika immer schwerer, Weideland zu finden. Die App AfriScout soll sie zu den wichtigen Flächen führen.

In Subsahara-Afrika leben über 60 Prozent der Bevölkerung in ländlichen Gebieten. Viele der Menschen sind Hirten und Hirtinnen, die mit ihren Herden durch die trockenen Zonen Afrikas ziehen. Laut FAO (FAO, 2016)[77] leben bis zu 200 Millionen Hirt*innen in Subsahara-Afrika nomadisch.

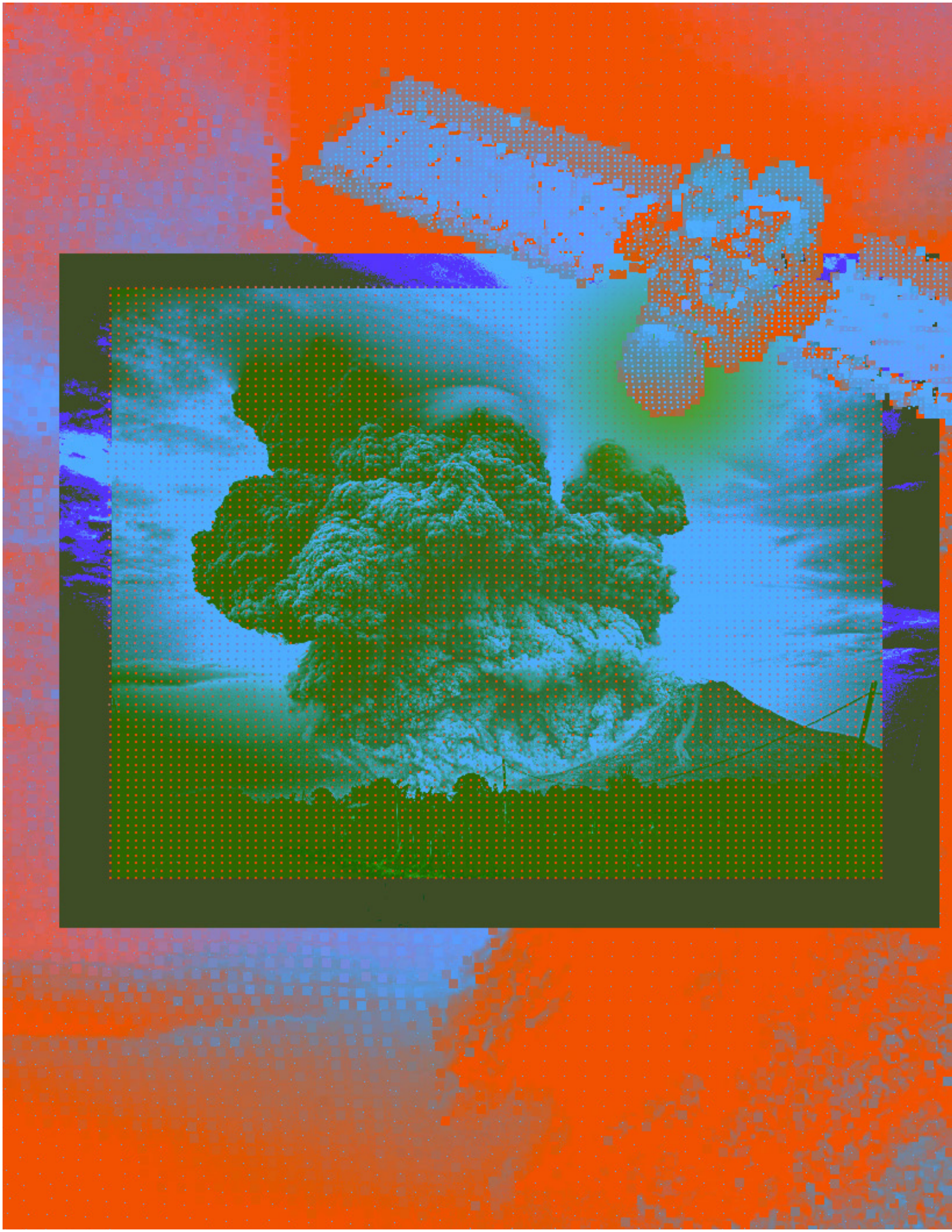
Während der Trockenzeit wird das Vieh von Weidefläche zu Weidefläche getrieben. Über das Auskundschaften der Gegend, indigenes Wissen und Mundpropaganda erfahren die Hirten von den Orten, an denen ihre Tiere Futter finden. Doch diese Methoden haben ihre Grenzen; vor allem durch den Klimawandel und die veränderte Landnutzung finden die Hirten immer weniger Weideland. Unterstützung kommt von einem smarten, digitalen Tool auf Basis von Satellitendaten, dass die US-amerikanische Organisation Project Concern International (PCI)[78] entwickelt hat.

Mit Satellitenbildern Weideland finden

PCI launchte 2018 seine App AfriScout[79]. in Kenia, Tansania und Äthiopien. Mit dieser App können Hirt*innen jederzeit auf Karten zugreifen, die den aktuellen Zustand der Vegetation und des Oberflächenwassers mithilfe von Satellitenbildern in Echtzeit anzeigen. Diese Daten helfen den Hirt*innen, Entscheidungen zu treffen, ihr Weidemanagement zu verbessern und das Risiko zu vermindern, ihre Herden zu verlieren. Das hat hohe ökonomische Auswirkungen auf die nomadisch lebenden Hirt*innen und ihre Familien, da die Viehzucht oftmals ihre einzige Einnahmequelle ist. Zudem können die Nutzer*innen der App mit diesen Informationen degradierte Weiden meiden und sie brach liegen lassen, bis sie sich ausreichend verjüngt haben, was zur Erhaltung der Gräser beiträgt.

Bisher hat AfriScout über 538.000 Quadratmeilen an kommunalem Weideland in Kenia, Äthiopien und Tansania kartiert, wo es derzeit mehr als 11.000 registrierte App-Nutzende gibt. Doch auch wenn mehr und mehr Menschen über ein Smartphone verfügen, ist gerade in den ländlichen Regionen nicht immer eine gute Internetverbindung vorhanden. Daher ist die App für schnelle Downloads in instabilen 2G-Netzen optimiert und auch offline voll funktionsfähig.

Project Concern International (PCI) ist eine US-amerikanische gemeinnützige Organisation. PCI treibt Innovationen voran, um die Gesundheit von Menschen weltweit zu verbessern, den Hunger zu beenden, Not zu überwinden und Frauen und Mädchen zu fördern.

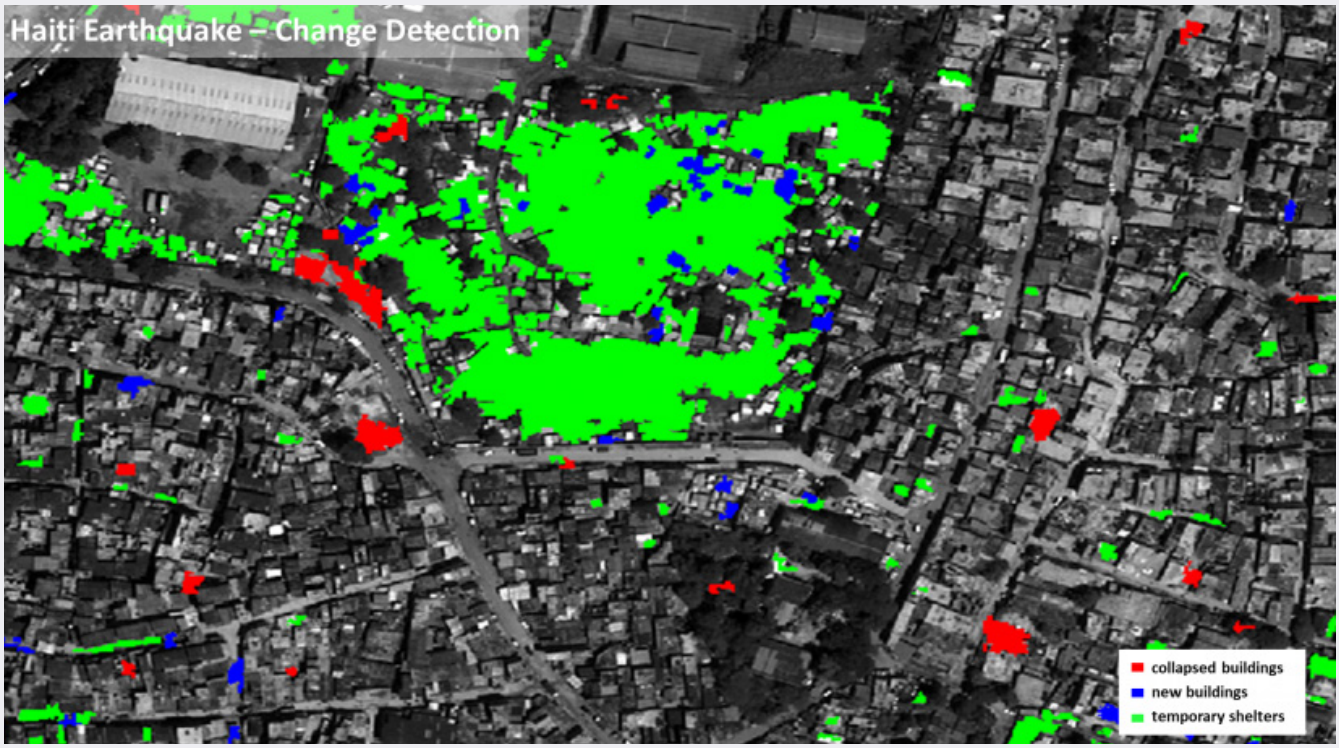


Menschen-rechte und humanitäre Hilfe

Die Situation von oben erkunden

Menschenrechte und humanitäre Hilfe – Die Situation von oben erkunden

Nach einer Katastrophe ist schnelle Hilfe vor Ort gefragt. Satelliten geben in nahezu Echtzeit ein Bild der Situation und sind eine wichtige Grundlage, um präzise Karten zu erstellen. Damit können die Helfer*innen ihren Einsatz passgenau planen und koordinieren. Gleichzeitig erweisen sich die Satellitendaten auch als wertvolle Unterstützung bei der Aufdeckung von Menschenrechtsverletzungen.



Credit: GeoEye-1 data, processed by DLR

Hilfsorganisationen setzen auf Erdbeobachtung und künstliche Intelligenz

In der humanitären Hilfe sind Informationen über die genaue Situation vor Ort eine wichtige Grundlage für die Einsätze. Satelliten liefern einen permanenten Strom an hilfreichen Fernerkundungsdaten - verschiedene Projekte helfen dabei, aus den Daten die wertvollen Informationen für die Akteure in Krisengebieten herauszufiltern.

Katastrophen-Hotspots durch Fernerkundung und Internetbeobachtung analysieren

Im Projekt Data4Human[→80] arbeiten Forschende des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) an Datendiensten für Einsatzkräfte von humanitären Organisationen mit dem Ziel, schnelle Informationen und präzise Entscheidungsgrundlagen zur Verfügung zu stellen.

Wo genau erfordern die Auswirkungen eines Erdbebens schnelle Hilfsmaßnahmen? In welchen Regionen treten die schwersten Schäden nach einer Überflutung auf? Das Deutsche Rote Kreuz beginnt mit seiner Arbeit nach Katastrophen häufig, wenn die Informationslage noch unzureichend ist. Hier setzt der „vielleicht dynamischste Ansatz“ von Data4Human an, so DLR-Projektleiterin Dr. Anne Schneibel gegenüber RESET. Die Hilfsorganisationen definieren ihren Bedarf an dringend benötigten Informationsdiensten und das DLR bringt seine Expertise in der Erdbeobachtung und der Datenanalysen ein, um Lösungen zu entwickeln, die auf die Bedürfnisse der Organi-

sationen zugeschnitten sind. Zum Einsatz kommen hierfür Erdbeobachtungsdaten, Radar- oder optische Daten der Sentinel-Satelliten oder Informationen aus dem Europäischen Umweltbeobachtungssystem Copernicus.

„Ärzte ohne Grenzen Österreich" hat gemeinsam mit Fernerkundungs- und Geoinformationsexpert*innen der Universität Salzburg (Z_GIS) eine eigene Fernerkundungs- und Geoinformatik-Einheit aufgebaut[→81]. Diese unterstützt mit satellitengestützten Kartenprodukten die humanitäre Arbeit vor Ort. Mehr erfahren im Interview mit Lorenz Wendt, Fernerkundungsexperte der Universität Salzburg.

Forschende aus den DLR-Instituten Earth Observation Center (EOC), dem Zentrum für satellitengestützte Kriseninformation (ZKI) und dem Institut für Datenwissenschaften werten mithilfe selbstlernender Algorithmen automatisiert und schlagwortbasiert soziale Medien, Nachrichtenseiten, Newsrooms und Plattformen wie Twitter aus und stellen Ortsbezüge her. Kombiniert mit geographischen Informationen aus Fernerkundungsdaten und Luftbildern entstehen so digitale Karten, die dem Deutschen Roten Kreuz die Hotspots von Katastrophen anzeigen. Die Helfer*innen sollen so in die Lage versetzt werden, mit Hilfsmaßnahmen an den richtigen Stellen anzusetzen.

Das Beispiel hier zeigt Schadensanalysen zu mehreren Naturkatastrophen in den USA, vor und nach den Hurricanes Florence und Matthew, einer Flutkatastrophe im mittleren Westen sowie dem Buschfeuer von Santa Rosa. Für die Auswertung nutzten die DLR-Expert*innen den öffentlichen xView2-Datensatz.

Laut Dr. Anne Schneibel waren die ersten Ergebnisse mit Testdaten erfolgreich. Bis Ende des Jahres 2021 wollen die Forschenden ein einsatzfähiges Produkt abliefern. Die Produktpalette aus Data4Human soll darüber hinaus auch beim Monitoring von Wiederaufbaumaßnahmen oder der Wirksamkeit humanitärer Hilfe eingesetzt werden. Das Ziel ist, möglichst viele Organisationen mit diesen Werkzeugen auszustatten.

UNO hat ein eigenes Satellitenprogramm

Die UNO betreibt mit UNOSAT[→82] ebenfalls ein eigenes Satellitenprogramm. Die Organisation greift dabei auf die Fernerkundungsdaten verschiedener Satelliten zu, um UN-Gremien, UN-Mitgliedsstaaten und Partnern fundierte, evidenzbasierte Lösungen für Fragen der menschlichen Sicherheit, des Friedens und der nachhaltigen Entwicklung zur Verfügung zu stellen. Darüber hinaus bietet UNOSAT Regierungen und regionalen und internationalen Organisationen Schulungen an, in denen der Einsatz von Geodatentechnologien erlernt werden kann.

Ein wichtiger Aspekt der Arbeit von UNOSAT ist der Rapid Mapping Service. Genauso wie im Projekt Data4Human übersetzt UNOSAT Satellitendaten in informationsreiche Karten und Berichte und stellt diese jeder UN-Schwesterorganisation und humanitären Gruppen kostenlos zur Verfügung. Viele der erstellten Karten sind auf

der UNOSAT-Website abrufbar, auch in einer interaktiven Form, die es den Nutzer*innen ermöglicht, sich auf bestimmte Gebiete zu konzentrieren oder einen Überblick über eine Situation zu erhalten - von Sturzfluten in Laos bis zu den Auswirkungen von Konflikten im Irak und im Südsudan. Zudem ist das gesamte Archiv aller Karten zugänglich, die von UNOSAT als Reaktion auf Naturkatastrophen und Krisen auf der ganzen Welt seit 2004 erstellt wurden.

Satellitenkarten werden zur wichtigen Entscheidungsgrundlage
Wie die Beispiele zeigen, sind Satelliten-basierte Karten auf dem besten Weg, sich in der humanitären Hilfe unersetzlich zu machen. Das bestätigt auch Lorenz Wendt, Fernerkundungsexperte im Fachbereich für Geoinformatik der Universität Salzburg: „Nach anfänglichem Zögern hat sich die Verwendung von Satellitenbildern und Geoinformatik bei Ärzte ohne Grenzen und auch anderen Organisationen fest etabliert. Geoinformatiker*innen sind in sehr vielen Projekten involviert, wenn es darum geht, was wo ist und was wo getan werden soll.“

Data4Human: Um verschiedene Einzelprojekte zur Unterstützung internationaler Nothilfe zu bündeln, hat das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt im Jahr 2019 die Initiative „Humanitäre Technologien“[→83] *etabliert, in der Technologien aus der Luft- und Raumfahrt in der Entwicklungszusammenarbeit und internationalen Nothilfe eingesetzt werden sollen. Innerhalb dieses jungen Bereichs rief das DLR Anfang 2020 gemeinsam mit Hilfsorganisationen das Projekt „Data4Human“ ins Leben. An dem Projekt beteiligt sind unter anderem Human Rights Watch, das Deutsche Rote Kreuz, das World Food Programme (WFP), das United Nations Development Programme (UNDP) sowie das Humanitarian Team von Open Street Map.*

UNOSAT ist das Satellitenbeobachtungsprogramm des Ausbildungs- und Forschungsinstituts der Vereinten Nationen in Zusammenarbeit mit dem Entwicklungsprogramm der Vereinten Nationen und der Europäischen Organisation für Kernforschung in Genf.

Dieses Video zeigt zum Beispiel die Schadensbeurteilung für eine Stadt auf Vanuatu nach dem tropischen Wirbelsturm Harold im April 2020.

>YOUTUBE

Credit: Amnesty International

Amnesty Decoders: Online-Aktivist*innen decken Umweltschäden und Menschenrechts-verletzungen auf

Im Rahmen des Decoder-Programms der Menschenrechtsorganisation Amnesty International werten Tausende Freiwillige Satellitenbilder, Luftaufnahmen, Nachrichten in den sozialen Medien und andere Datenquellen aus, um gegen Umweltverschmutzung und die Verletzung von Menschenrechten vorzugehen.

Decode Oil Spills

Das Nigerdelta ist Afrikas größte Ölförderregion - und einer der am stärksten verschmutzten Orte der Erde. Jedes Jahr zerstören Hunderte von Ölunfällen die Umwelt und damit auch die Lebensgrundlage der dort lebenden Gemeinschaften. Auch wenn einige Ölfirmen Untersuchungsberichte über Ölunfälle auf ihren Websites veröffentlichen, sind die Angaben nicht immer vollständig, denn die Unternehmen versuchen, Entschädigungszahlungen und die ordnungsgemäße Beseitigung der Verschmutzung zu umgehen.

Das Projekt „Decode Oil Spills“ von Amnesty Decoder[→84] hatte zum Ziel, dem Umfang und den Ursachen der Ölverschmutzungen auf Grundlage von Satellitenbildern und in anderen Datenquellen nachzugehen. Die über 3.000 Freiwilligen des inzwischen abgeschlossenen Projekts werteten dafür die Daten auf ihren Computern und Telefonen aus. Die gewonnenen Informationen nutzt Amnesty International nun, um Fälle

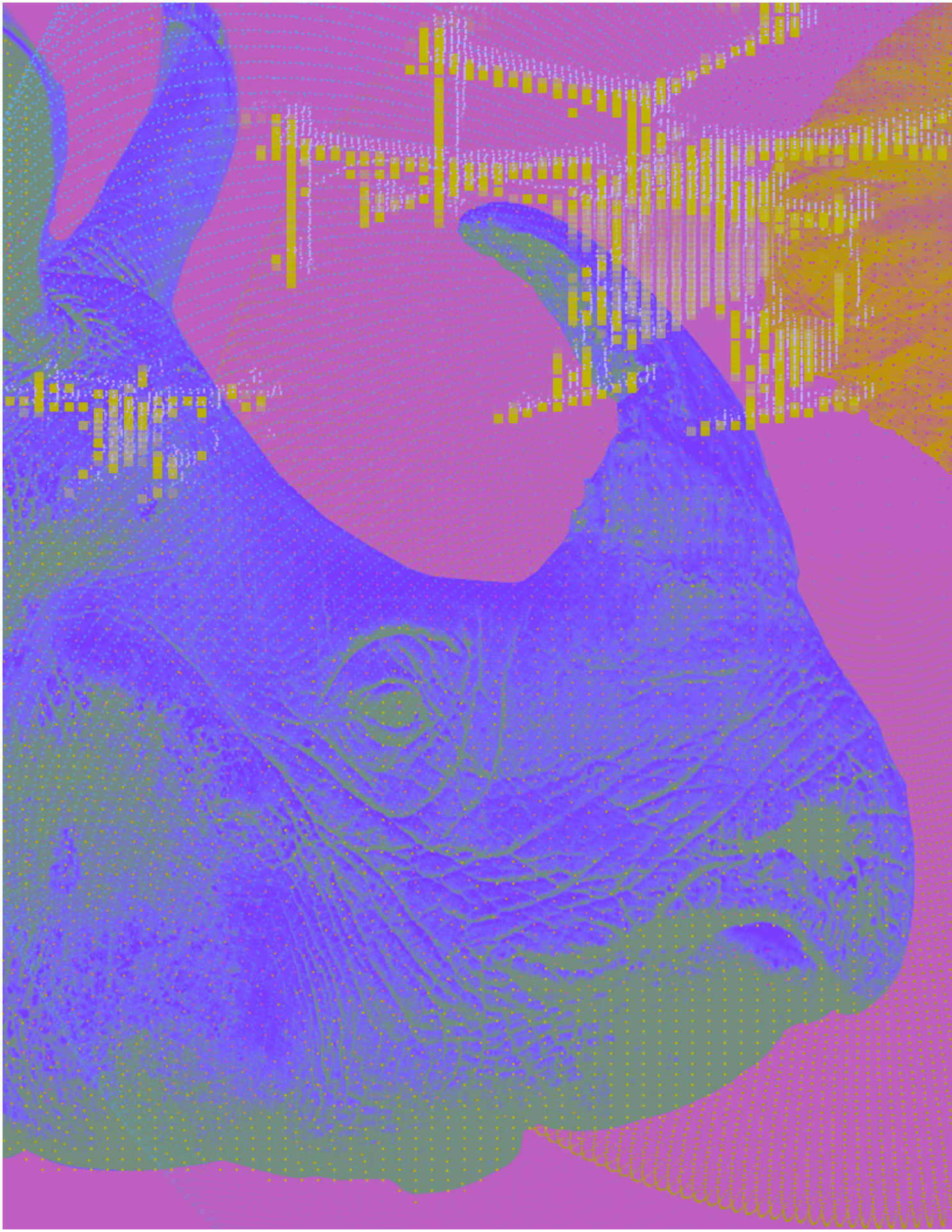
von falschen und irreführenden Berichten von Ölfirmen aufzudecken und die lokalen Gemeinden darin zu unterstützen, eine angemessene Säuberung und Sanierung der Verschmutzung und der Umweltschäden zu fordern.

Decode the Difference

Ein weiteres Decoder-Projekt war 2016 „Decode the Difference“[→85], in dessen Rahmen die Schäden durch den andauernden Konflikt in der Region Darfur im Westsudan nachverfolgt wurden. Dazu sortierte ein Team von Freiwilligen Satellitenbilder von Darfur, um Angriffe zurückzuverfolgen und Beweise dafür zu finden, dass Zivilist*innen systematisch angegriffen wurden. Die mehr als 6.000 Freiwilligen, die an dem Projekt arbeiteten, waren rund um den Globus verteilt.

In beiden vorgestellten Projekten machten einfache Online-Demos den Freiwilligen den Zugang zu den Programme leicht zugänglich was es allen, die ein digitales Gerät besitzen, die Beteiligung ermöglichte. Mit ihrem Engagement halfen die digitalen Aktivist*innen des Decoder-Programms den Forschenden von Amnesty International dabei, Unmengen an Datenmaterial in einen Kontext zu setzen und verwertbare Daten aufzudecken, die sonst kaum zu bewältigen wären.
Weitere Projekte finden sich auf der Webseite von Amnesty Decoders[→86].

Amnesty International ist eine weltweite Bewegung von mehr als sieben Millionen Menschen, die sich für eine Welt einsetzt, in der die Menschenrechte für alle gelten. Das Projekt Amnesty Decoders der Menschenrechtsorganisation ist eine innovative Plattform für Freiwillige auf der ganzen Welt, die mit ihren Computern oder Telefonen bei der Sichtung von Bildern, Informationen und Dokumenten unterstützen.



Exkurs: Drohnen

Beobachter, Transporter und Helfer im Umweltschutz

Exkurs: Drohnen – Beobachter, Transporter und Helfer im Umweltschutz

Drohnen bewegen sich im erdnahen Luftraum – und sind mit diesem Aktionsradius zwischen Technologien am Boden und der Satellitentechnik im All anzusiedeln. Durch diese „Erdverbundenheit“ liefern sie uns detailliertere Daten als Satelliten – und sie sind im Gegensatz zu den Erdtrabanten auch in der Lage, in das Geschehen am Boden einzugreifen, indem sie zum Beispiel kleinere Lasten transportieren oder Bäume pflanzen.

Credit: Inmortal Producciones, Pexels Licence

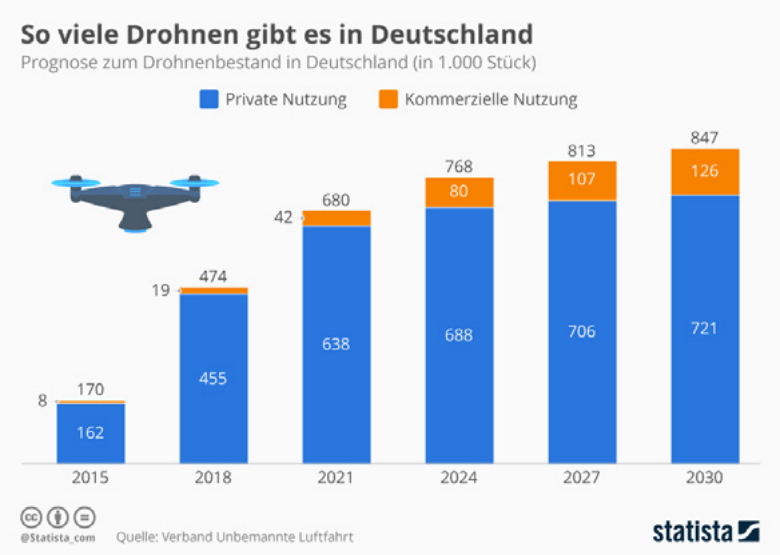
→ Drohnen in Deutschland und weltweit – ein Überblick

Drohne, das ist der umgangssprachliche Begriff für unbemannte Luftfahrzeuge (UAV). Er wird sowohl für militärisch oder kommerziell genutzte Drohnen als auch für Flugmodelle wie Multikopter (helikopterartige Systeme mit vier bis sechs horizontal ausgerichteten Propellern) verwendet. Drohnen werden über Radiowellen (vor allem große Flugobjekte) oder mit dem Smartphone über Wi-Fi gesteuert und können mit verschiedensten Funktionen ausgestattet sein- unterschiedliche Kameras, GPS-Chips und spezielle Sensor-, Infrarot- oder Messtechniken.

Der Einsatz von Drohnen wird im Zusammenhang mit Einsätzen in der Kriegsführung und Überwachungungsaufgaben sehr kritisch diskutiert[→87] - eine ohne Frage sehr wichtige Debatte. Doch noch in vielen anderen Bereichen eröffnen sich mit Weiterentwicklungen der Technologie neue Möglichkeiten - von der Paketzustellung bis hin zu Flugtaxis[→88]. Das aktuell rasante Wachstum ist vor allem auf immer leistungsfähigere und preiswertere Drohnen zurückzuführen. Und auch Entwicklungen im Bereich der KI-basierten Steuerungen und Anwendungen tragen ihren Teil dazu bei.

Was ist eine Drohne?

>YOUTUBE



Credit: Statista

Seit 2015 hat sich die Anzahl der Drohnen in Deutschland annähernd verdreifacht. Stark angestiegen ist vor allem die Anzahl privat genutzter Drohnen; rund 455.000 der in Deutschland insgesamt rund halben Million Drohnen (Stand Ende 2019) sind in privatem Besitz (BDL und BDLI, 2019)[→89].

Mit ihren vielfältigen Fähigkeiten können Drohnen heute als eine Art „fliegende Roboter" gesehen werden. An der Spitze für Anwendungen von Drohnen liegt die Vermessung. Das hat damit zu tun, dass der Markt für Vermessungen von extrem niedrigen Margen geprägt ist; Drohnen sparen hier Zeit und Geld. Auch bei der Inspektion von Gebäuden und Infrastrukturen wie Windkraftanlagen und Hochspannungsleitungen kommen Drohnen zunehmend zum Einsatz, da diese Aufgaben ohne die kleinen Flugobjekte personalintensiv, aufwendig und zum Teil auch gefährlich sind.

Prognosen gehen davon aus, dass Deutschland die große Phase der Adaption von Drohnentechnologie noch bevorsteht und ab 2026 in den wesentlichen kommerziellen Anwendungsbereichen flächendeckend im Einsatz sein werden (vgl. BDL und BDLI, 2019).

Verschiedene Studien befassen sich mit den zukünftigen Entwicklungen von Drohnen, wie die European Drones Outlook Study (Sesar Joint Undertaking, 2016)[→90], der FAA Aerospace Forecast (FAA, 2020)[→91] und eine Studie von PriceWaterhouseCooper (2017)[→92]. Einig sind sie sich darin, dass Drohnentechnologie ein großes Potenzial hat, insbesondere in der Landwirtschaft, bei der Inspektion verschiedener Infrastrukturen, für Überwachungsaufgaben im behördlichen Rahmen und den Transport von Gütern und Personen.

i

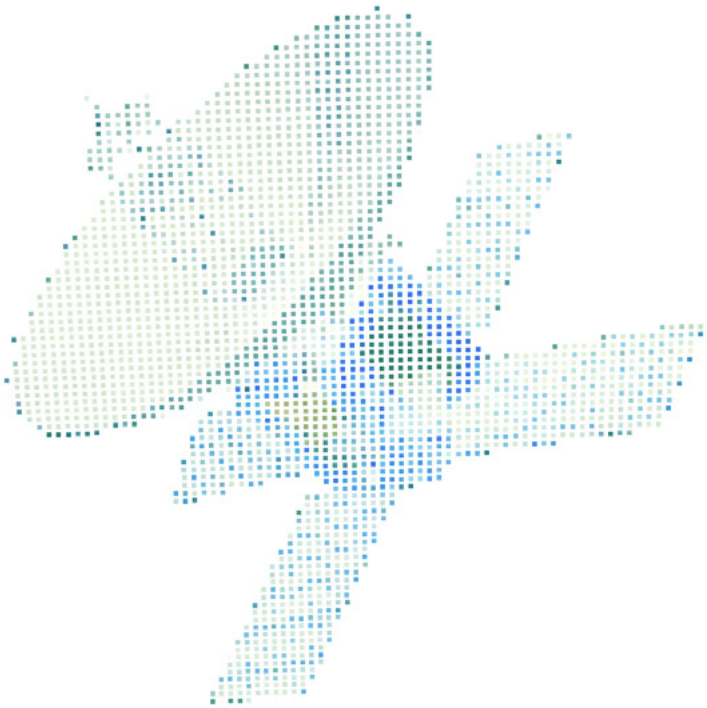
Unternehmen wie Amazon und Google erproben bereits Drohnen für die Auslieferung von Waren und verschiedene Startups entwickeln Flugtaxis, die Personen transportieren sollen. Auch wenn die Technik schon erstaunlich weit ist, gilt es noch viele rechtliche Hürden zu überwinden, vor allem bei der Regelung des Luftraums. Gleichzeitig gibt es auch Bedenken, dass mit den Flugtaxis der Luftraum nur wenigen Privilegierten vorbehalten bleibt[→93].

→ Drohnen im Einsatz für eine nachhaltige Entwicklung

Auch im Umwelt- und Klimaschutz und in der humanitären Hilfe werden Drohnen bereits eingesetzt. Dabei erfüllen die Flugroboter oft Aufgaben, bei denen Satellitenaufnahmen an ihre Grenzen stoßen. Denn auch wenn Satelliten große Gebiete durchaus detailreich abbilden können, sind die Aufnahmen nicht immer präzise. Wolken und Schatten, etwa von großen Bergen, machen Satellitenbilder zeitweise unbrauchbar. Drohnen dagegen bewegen sich unter den Wolken und können einen Ort oder ein Objekt auch aus verschiedenen Blickwinkeln erfassen.

Ausgestattet mit bildgebenden Sensoren (herkömmliche Foto- und Videokamera, Wärmebildkamera, Infrarotkamera, Mikrowellenradar, Hyperspektral-Kamera) sowie physikalischen und chemischen Sensoren, werden die Drohnen auf ihre Missionen geschickt - und da sie in Bodennähe unterwegs sind, können sie auch eingreifen.

Unsere Schlagwortsuche in der Datenbank Crunchbase nach Unternehmen und Startups, die Drohnen im Zusammenhang mit Nachhaltigkeit einsetzen, ergab 79 Unternehmen im Vergleich zu 2.882 aufgelisteten Unternehmen insgesamt. Damit bilden Startups in diesem Bereich noch immer eine Nische. Nichtsdestotrotz konnten wir eine Vielzahl an NGOs und Forschungsinstitutionen finden, die Drohnen für verschiedene Aufgaben im Bereich der nachhaltigen Entwicklung einsetzen.



KAPITEL 09 / CASE I

Air Shepherd schützt Nashörner und Elefanten vor Wilderei

In den weiten afrikanischen Savannen leben viele gefährdete Tierarten – und sie sind dort besonders von Wilderei bedroht. Doch ein flächendeckender Schutz der Tiere ist schwierig. Der Einsatz von verschiedenen Technologien unterstützt die Naturschützer*innen zunehmend bei der Bekämpfung der illegalen Wilderei. Die von der gemeinnützigen Lindbergh Foundation[→94] ins Leben gerufene Initiative Air Shepherd[→95] aus Südafrika setzt zum Beispiel eine Flotte von Flugdrohnen ein, die die Savannen durchkämmen, um Wilderer am Boden aufzuspüren.

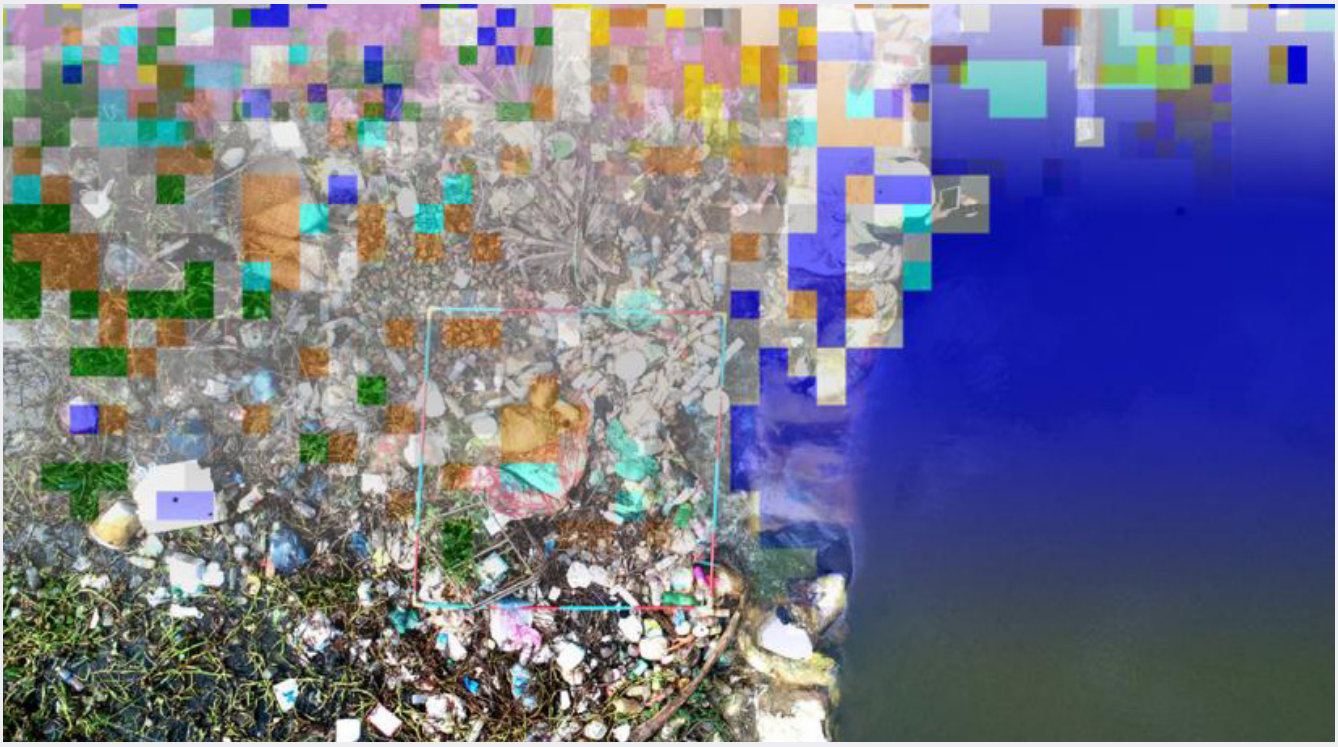
Die Drohnen, die wie Miniaturflugzeuge aussehen, werden über Gebieten eingesetzt, in denen Wilderei vermutet wird, oder wenn das Team einen Hinweis auf eine bevorstehende Aktion von Wilderern erhalten hat. Sobald eine Drohne einen Wilderer entdeckt und dessen Aufenthaltsort ermittelt, funkt das Team von Air Shepherd die nächstpositionierten Ranger*innen an, die die Verdächtigen dann abfangen können. Und manchmal reicht auch schon die Anwesenheit der Air-Shepherd-Drohnen, damit Wilderer erst gar nicht in Aktion treten.

Air Shepherd startete ursprünglich 2016 in Südafrika. Inzwischen ist die Initiative auch in anderen Ländern des Kontinents aktiv, darunter Malawi und Simbabwe.

BBC News: Können Drohnen Wilderei verhindern?

>YOUTUBE

KAPITEL 09 / CASE II



Credit: DFKI

Drohnen und KI erkennen Plastikmüll in Flüssen und Meeren

Um das immer größer werdende Problem der Plastikverschmutzung[96] anzugehen, hat die Regierung Kambodschas in Zusammenarbeit mit der Weltbank ein Projekt ausgeschrieben, das die Abfallwirtschaft im Land verbessern und die Plastikbelastung in Flüssen, Kanälen und an Stränden reduzieren soll.

Eine Forschungsgruppe des DFKI im Bereich Marine Perception in Zusammenarbeit mit dem Zentrum für Marine Sensorik der Universität Oldenburg[97] hat im Rahmen dieses Projekts eine Lösung entwickelt[98], mit der die Umweltverschmutzung mithilfe von Drohnen überwacht werden kann. „Die Drohnen mit Sensorik werden gezielt entlang der Wasserwege eingesetzt, um aus größerer Höhe potenzielle Gebiete zu identifizieren“, erklärt Oliver Zielinski, der zuständige Projektleiter vom DFKI. „Dann wird aus niedrigerer Höhe dieses Gebiet erfasst.“ An den Drohnen sind multispektrale Kameras montiert, die Plastikmüll erkennen, außerdem wird die Menge und Art des Mülls analysiert.

Die gesammelten Daten des DFKI geben der Regierung Kambodschas einen Überblick über die aktuelle Müllsituation und helfen dabei, einen Aktionsplan zu erstellen. Die Laufzeit des DFKI-Pilotprojektes ist bereits Ende 2019 abgelaufen, die Drohnen sollen aber noch in weiteren Ländern zum Einsatz kommen.

KAPITEL 09 / CASE III

Dronecoria: DIY-Drohnen als Saathelfer

Das Startup Dronecoria[99] aus Spanien setzt Drohnen als Saathelfer ein, die einfach selbst zusammengebaut werden können. Lot Amorós, Gründer von Dronecoria, möchte damit die Effizienz der weltweiten Wiederaufforstung verbessern und den Prozess skalierbar machen.

In der Luft übernimmt die Drohne von Dronecoria verschiedene Aufgaben: Zunächst werden Gebietsanalysen durchgeführt, um geeignete Orte für die Aussaat zu finden. Im zweiten Schritt wird dann die Saat abgeworfen. Pro Flug können so nach eigenen Angaben bis zu einer halben Million Samen ausgesät werden.

Eine segelnde Drohne erkundet die Weltmeere

Der Begriff „Drohne“ ist nicht nur auf Flugobjekte im Luftraum beschränkt, sondern auch autonome, schwimmende Fahrzeuge werden darunter gefasst, wie zum Beispiel die „Saildrone“. Das hochentwickelte, unbemannte Fahrzeug kann monatelang um den Globus segeln und sammelt wertvolle Daten über den Zustand unserer Meere und Ozeane. Mehr erfahren: Saildrone – Forschungsdrohne für die Vermessung der Ozeane[100].

Das Besondere an Dronecoria: Die Flugobjekte des Startups sind kein teuer produziertes High-Tech-Produkt. Mit Lasertechnik zugeschnittene Holzteile werden als Bausatz geliefert, die Baupläne sind als Open Source frei im Internet verfügbar. Damit will Dronecoria die Produktionskosten minimal halten und eine Wiederaufforstung im großen Stil auch für ärmere Regionen ermöglichen. Die DIY-Drohnen sind bisher in Projekten in Spanien und Brasilien im Einsatz. Zudem wurden bereits Bausätze nach Mexiko, Kolumbien, Argentinien und in die Türkei geliefert.

Dronecoria: Open Tech für die globale Aufforstung

>YOUTUBE

KAPITEL 09 / CASE IV

Medizinische Hilfsgüter kommen auf dem Luftweg in entlegene Regionen

Dringend benötigte Hilfsgüter und Medikamente in entlegene Regionen oder von Katastrophen betroffene Gebiete zu liefern kann auf dem Landweg ein langwieriges oder sogar unmögliches Unterfangen sein. Doch während es hierzulande auf dem schon jetzt umkämpften Markt der Lieferdrohnen noch viele Hürden zu überwinden gilt, bevor Drohnen unsere Pakete transportieren (Genehmigung von Flügen außer Sichtweite, Organisation des U-Space, Limit der Paketgröße von zwei bis drei Kilo) und die Zustellung per Lieferwagen noch kostengünstiger ist, werden sie für wertvolle oder zeitkritische Güter über kurze oder mittlere Distanzen für humanitäre Einsätze bereits eingesetzt.

Landminen per Drohne entschärfen
Schätzungsweise 110 Millionen Landminen sind in 60 Ländern weltweit unter der Erde verborgen – das sind 110 Millionen tickende Zeitbomben[→102] Die Brüder Massoud und Mahmud Hassani haben eine Drohne entwickelt, die aus der Luft Gebiete nach Landminen abscannen und sie entschärfen kann. Mehr erfahren: Mine Kafon[→103].

Autonome High-Tech-Drohnen, wie zum Beispiel die des kalifornischen Robotikunternehmens Zipline Inc[→101], bieten schnelle medizinische Lieferdienste in Afrika, Europa und den USA an. Die Drohnen können bis zu 128 Kilometer pro Stunde zurücklegen, knapp zwei Kilogramm Fracht transportieren und eine Fläche von fast 20.000 Quadratkilometern abdecken. Zipline kooperiert in Ruanda und Ghana mit der dortigen Regierung, um Blutkonserven und medizinische Hilfsgüter an abgelegene und unterversorgte Kliniken und Krankenhäuser zu liefern. Als Reaktion auf die Corona-Pandemie nahm Zipline im Jahr 2020 zudem Covid-19-Testproben in die Liste der medizinischen Lieferungen auf.

Auch Drohnen anderer Unternehmen, wie zum Beispiel von Matternet[→104] oder Wingcopter[→105], werden in diesem Bereich eingesetzt. Neben der Auslieferung von Medikamenten und Hilfsgütern ist die Vermessung und Erstellung von Karten nach Katastrophenfällen das am meisten verbreitete Anwendungsfeld von Drohnen in der humanitären Hilfe[→106].

KAPITEL 09 / CASE V

Drohnen bringen informelle Siedlungen auf die Landkarte

Vor allem in städtischen Gebieten erweisen sich Drohnen als ein besonders nützliches Instrument, wie zum Beispiel bei der Kartierung informeller Siedlungen. Die Bilder der Flugroboter können die genaue Größe der Grundstücke erfassen und zeigen auch die kleinen Wege, die für dichte informelle Siedlungen charakteristisch sind.

WeRobotics will Communities empowern
Die in der Schweiz und den USA gegründete Non-Profit-Organisation WeRobotics baut Wissenszentren, sogenannte Flying Labs, im globalen Süden auf. Menschen vor Ort werden in den Wissenszentren geschult, Drohnen selbst einzusetzen, sodass sie deren Möglichkeiten nutzen können. Mithilfe der Flugkörper erstellen sie zum Beispiel Karten und 3D-Modelle, um die Notfallhilfe nach Naturkatastrophen zu beschleunigen, landwirtschaftliche Produktionsmethoden an den Klimawandel anzupassen oder Infrastrukturen in Slums zu planen. In den letzten Jahren sind insgesamt 26 Wissenszentren in Lateinamerika, Afrika, Asien und dem Südpazifik entstanden. Mehr erfahren: Drohnentechnologie für mehr Empowerment[→109].

Im Januar 2020 wurde ein 80 Millionen US-Dollar teures Gemeinschaftsprojekt der Weltbank[→107] und der peruanischen Agentur für die Formalisierung informellen Eigentums (COFOPRI) genehmigt, das den Einsatz von Drohnen vorsieht, um das peruanische Stadtkataster zu aktualisieren[→108]. Durch den Einsatz von Drohnen werden Grundstücke leichter identifiziert, ihnen Nummern zugewiesen und die Eigentumsverhältnisse der Familien, die diese bewohnen, formalisiert und ihnen Wohnrechte gewährt. Darüber hinaus ermöglichen die qualitativ hochwertigen Bilder der Drohnen eine 3D-Modellierung, die hilfreich sein kann, Verbesserung an der Infrastruktur zu planen - wie zum Beispiel die Installation von Entwässerungssystemen zur Verhinderung von Überschwemmungen.

RESÜMEE

→ Zusammenfassung: Viele Facetten einer Technologie

Die genannten Beispiele verweisen auf das breite Spektrum der Einsatzmöglichkeiten der kleinen Flugroboter für eine nachhaltige Entwicklung:

- → In der Naturschutzplanung unterstützen Drohnen Forschende und NGOs dabei Tierbestände und Ökosysteme zu untersuchen und zu überwachen, insbesondere in schwer erreichbaren Habitaten und unübersichtlichen Gebieten.
- → Die mit Drohnen gewonnenen Informationen liefern wichtige Daten für die bedarfsgenaue Planung, Umsetzung und Überprüfung von Umwelt-, Natur- und Klimaschutzmaßnahmen.
- → In der humanitären Hilfe transportieren Drohnen Medikamente und Hilfsgüter und können helfen, einen schnellen Überblick über die Situation vor Ort zu erhalten.
- → Drohnen können aus der Luft aktiv eingreifen und zum Beispiel Samen streuen oder Pflanzen bestäuben[→110].
- → Auch in der Landwirtschaft gibt es zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten für Drohnentechnologie, zum Beispiel im ressourcensparenden Wasser- und Düngemittelmanagement, indem Drohnen mit Multispektralkameras den Zustand der Felder erfassen (vgl. (BMWi, 2019)[→111].

Mit diesen und weiteren Anwendungsbereichen haben sich Drohnen bereits als vergleichsweise kostengünstige und einfach zu handhabende Technologie erwiesen (Christen et al., 2018). Wo früher Flugzeuge oder Helikopter nötig waren, ermöglichen Drohnen das einfache Erschließen der dritten Dimension – und sie können auch ganz neue Orte, bisher nur schwer zugängliche Orte erkunden.

→ Risiken und Einschränkungen für eine nachhaltige Nutzung

Auch wenn der Einsatz von Drohnen im Natur- und Tierschutz viele Vorteile bringt und einige potenzielle Störungen, die mit in-situ-Methoden einhergehen, reduziert werden, sollten dennoch spezifische Risiken der Technologie nicht aus dem Blick geraten. Unter anderem kann der Rotorschall der Multikopter zu Stress bei Tieren führen. Bei Straßenlärm fällt das Sirren kaum auf, in der Natur jedoch schon. Antworten auf die Frage, wie sich die Präsenz von Drohnen auf Tiere auswirkt, sind umso wichtiger, weil Drohnen schon jetzt - und zukünftig vermehrt - für die Umweltforschung und den Artenschutz eingesetzt werden.

Die bislang umfangreichste Studie dazu ist wohl die Metaanalyse von Mulero-Pazmany et al. (2017)[→112], die 36 Studien auswertet, die sich mit Auswirkungen von Drohnen auf Wildtiere beschäftigen. Dabei ergab sich generell, dass ein direktes Anfliegen deutlich häufigere und auch stärkere Reaktionen bei Wildtieren auslöst als das regelmäßige Abfliegen eines Gebietes. Außerdem reagieren verschiedene Tierklassen unterschiedlich: Vögel reagieren empfindlicher als Säugetiere am Boden, Fische und Meeressäuger sind am wenigsten empfindlich. Aber möglicherweise werden die Drohnen durch technologische Verbesserungen in Zukunft auch noch leiser.

Zudem schränken finanzielle Hürden die Einsatzmöglichkeiten von Drohnen im Umwelt- und Naturschutz ein. Auch wenn die kleinen High-Tech-Flieger im Vergleich zum Betrieb von Flugzeugen günstig sind, sind Drohnen mit ausreichender Nutzlast für lange Flüge und das spezielle Kameraequipment immer noch teuer. Hinzu kommen Kosten für die Spezialausbildung der Führer*innen sowie die Instandhaltung. Oftmals zerschellen daher die potenziellen Vorteile von Drohnen an der Realität, denn für viele Projekte fehlen schlicht die nötigen finanziellen Mittel. Gleiches gilt auch in der humanitären Hilfe. Entsprechende Förderungen würden hier für einen Ausgleich sorgen.

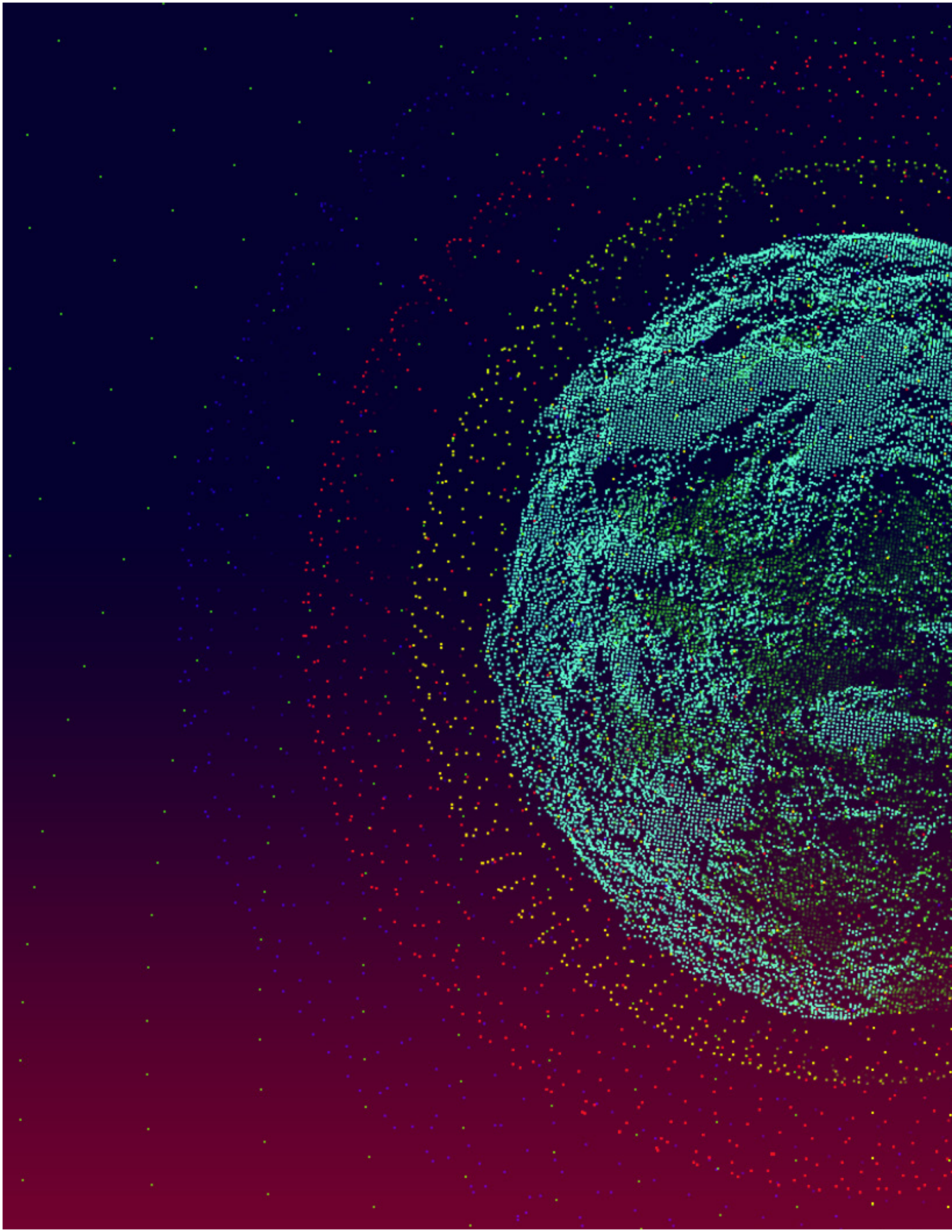
Bleibt noch ein Blick auf die physische Seite der Flugobjekte. Mit der steigenden Zahl der Drohnen wird es zunehmend wichtiger, nach deren ökologischem Fußabdruck zu fragen. Wer produziert Drohnen und welche Materialien werden verwendet? Sind die eingesetzten Stoffe nachhaltig? Und was passiert mit ausrangierten Drohnen, können sie recycelt werden? Wie auch bei den meisten anderen Elektrogeräten sind die Hersteller in der Produktion der Flugobjekte bisher kaum an ökologische und soziale Standards gebunden. Die Entsorgung ist über verschiedene Elektrogesetze→113 geregelt; ausgediente Drohnen können mittlerweile an verschiedenen Stellen zurückgegeben und so dem Recycling zugeführt werden.

Erstrebenswert ist zudem eine Versorgung durch erneuerbare Energien, denn die meisten Drohnen werden aktuell mit Batterien betrieben. Doch erste solarbetriebene Drohnen, wie die Drohne Titan-Solara-50 von Google, geben Hoffnung, dass bald auch umweltfreundlichere Geräte ihren Weg in die internationalen Märkte finden.

Nicht vergessen werden sollte zudem, dass Drohnenaufnahmen nur eine Komponente einer komplexen Wirkungskette sind und viele Einzelelemente zusammenspielen müssen, damit aus den gewonnen Informationen auch wirkungsvolle Maßnahmen werden. Zum Beispiel kann nur dann schnell und effizient auf Vorfälle wie Wilderei oder illegale Rodungen reagiert werden, wenn genügend gut ausgestattete Mitarbeiter*innen vor Ort sind. Sinnvoll kann hierbei sein, wenn die Überwachung mit Drohnen zum Schutz natürlicher Ressourcen gemeinsam mit lokalen Gemeinden umgesetzt wird. Die von den Gemeinschaften gesammelten Daten können die Informationen ergänzen und gleichzeitig wird das neue Wissen in die Gemeinschaften getragen; ein Ansatz, den u.a. auch WeRobotics verfolgt.

i

Auch wenn noch immer eine kritische Haltung in der Gesellschaft besteht, zeichnet sich ab, dass wir in vielen Bereichen nicht mehr ohne die kleinen Flugroboter auskommen werden. Umso wichtiger ist es, dass wir uns auch mit den Risiken der unbemannten Fluggeräte beschäftigen und Lösungen dafür finden. Im Interview mit Marit Hansen beschäftigen wir uns mit Fragen des Datenschutzes und der Privatsphäre bei Drohnen und Satelliten.



Nachhaltige Luft- und Raumfahrt

Schattenseiten und Lösungsansätze

Nachhaltige Luft- und Raumfahrt: Schattenseiten und Lösungsansätze

Die Anwendungsbeispiele haben die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten von Satelliten und Drohnen gezeigt. Doch natürlich haben die Technologien auch ihre Schattenseiten. Im erdnahen Orbit sammeln sich große Mengen Weltraumschrott an und immer höhere Auflösungen lassen Bedenken in Bezug auf Privatsphäre und Datenschutz lauter werden. Doch es gibt Möglichkeiten und Wege, wie wir den Einsatz der Technologien so gestalten, dass sie möglichst vielen Menschen nützen und wenig Spuren im Orbit und auf der Erde hinterlassen.

INTERVIEW

Clean Space Initiative: Die ESA will die Raumfahrt nachhaltiger gestalten

Interview mit Luisa Innocenti von der Clean Space Initiative

Raumfahrtmissionen müssen vieles sein - unter anderem sicher, erfolgreich und kosteneffizient. Aber wie sieht es mit dem Umweltschutz aus? Im Rahmen der 2012 gegründeten Clean Space Initiative entwickelt die ESA neue Ansätze, um die Umweltauswirkungen der Raumfahrt in alle Phasen ihrer zukünftigen Missionen zu reduzieren - und hofft, dass andere Raumfahrtakteure diesem Beispiel folgen werden.

Frau Innocenti, womit beschäftigt sich die Clean Space Initiative?

Wenn wir über die Umwelt und Emissionen durch die Raumfahrt sprechen, gibt es zwei verschiedene Zonen: Es gibt die Erde bis zum oberen Rand der Atmosphäre und dann gibt es den Weltraum, oberhalb der Atmosphäre. Aus diesem Grund unterteilen wir unsere Clean Space-Bemühungen in drei verschiedene Themen.

Das erste ist das „Ecodesign“ für Satelliten und Raketen und umfasst die Entwicklung von ungiftigen Technologien. Um die Umweltauswirkungen bis in die obere Atmosphäre zu verringern, verwenden wir ein Werkzeug, das sich 'Life-Cycle-Assessment', oder LCA, nennt. Damit nehmen wir eine gründliche Bewertung der Umweltauswirkungen aller Phasen einer Mission vor. Dieses Werkzeug wird auch in anderen Bereichen eingesetzt, nicht nur in der Raumfahrt.

Als wir versuchten, LCA zu verwenden, um die Umweltauswirkungen eines Satelliten zu bewerten, stellten wir fest, dass die Raumfahrt hochspezialisiert ist. Zum Beispiel verwenden wir bei Satelliten und Raketen seltsame, exotische Materialien auf eine seltsame Art und Weise. Und welche Auswirkungen

Die Physikerin **Luisa Innocenti** leitet die Clean Space Initiative →114 seit ihrer Gründung im Jahr 2012. Schon als ESA Young Graduate Trainee untersuchte sie die Umwelteinflüsse der Raumfahrt.

Porträt: Luisa Innocenti
Credit: ESA

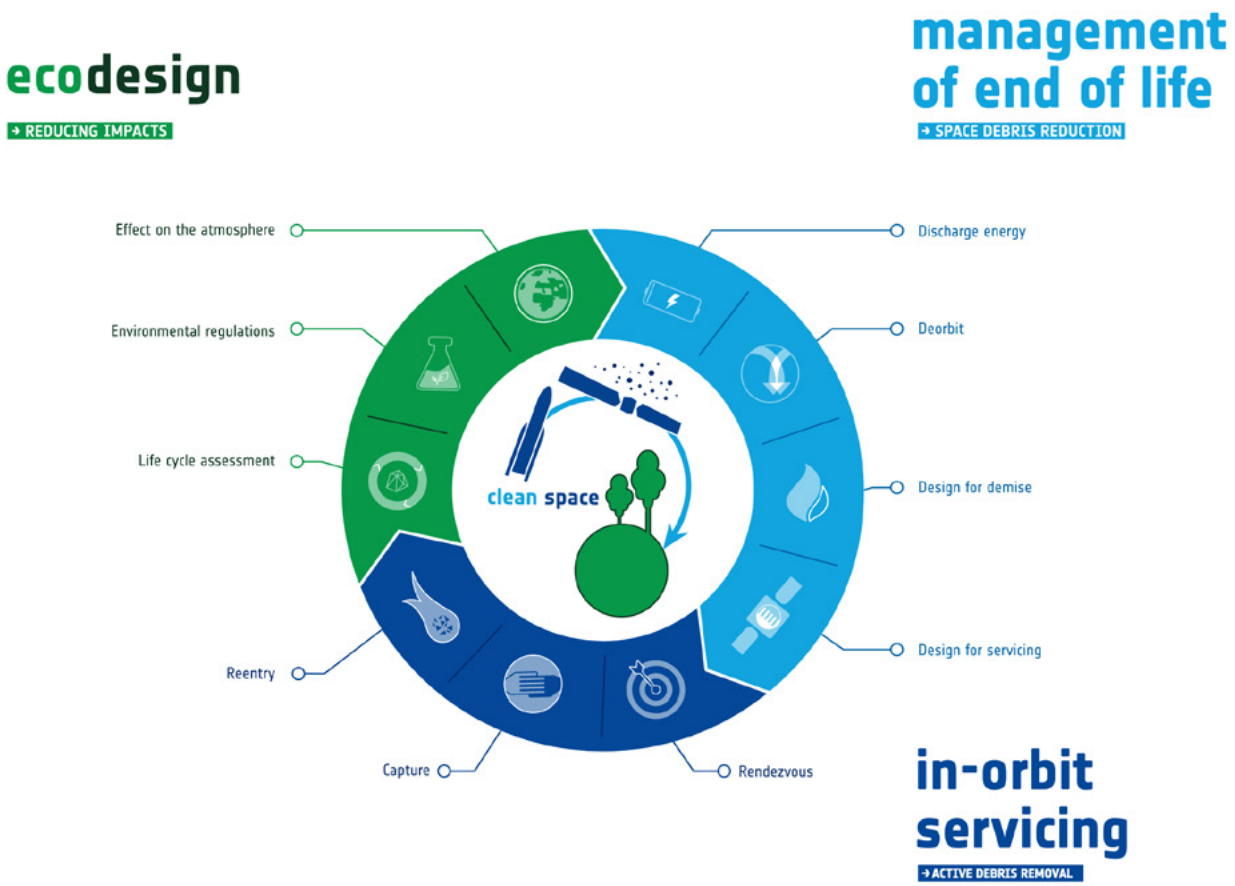
hat es auf die Umwelt, wenn ein Satellit vor seinem Flug getestet wird? Diese Art von grundlegenden Informationen sind weder bekannt noch allgemein verfügbar. Wir mussten zurückgehen und anfangen, diese Informationen zu recherchieren, und wir sind immer noch nur einen Teil des Weges durch diesen Prozess gegangen.

Das zweite Thema für Clean Space ist das „Management des End of Life". Genauso, wie wir den Boden hier auf der Erde verschmutzt haben, haben wir auch die Umlaufbahnen um die Erde verschmutzt. Wie ist das passiert? Aus verschiedenen Gründen, die meisten davon ähneln den Gründen, warum wir das Land und die Meere der Erde verschmutzt haben. Wir dachten, dass die Ozeane unendlich sind. Wir haben Dinge weggeworfen, und weil sie nur klein sind, dachten wir, es würde keine Auswirkungen haben. Nur haben wir das immer wieder getan und jetzt füllen sich unsere Ozeane mit Plastik. Niemand dachte, dass dies passieren würde. Im Weltraum haben wir genau dasselbe mit unseren ausgedienten Satelliten gemacht. Wir haben hier auf der Erde nicht über ein „End-of-Life-Management" für Kunststoffe nachgedacht, und beginnend in den 1960er Jahren mit den ersten Raumflügen haben wir das auch bei Satelliten nicht getan.

Außerdem ist es sehr schwierig und kostspielig, in den Weltraum zu gelangen. Daher waren alle Raumfahrtnationen und ihre nationalen Organisationen von Anfang an sehr darauf bedacht, sicher und effektiv dorthin zu gelangen, und niemand dachte darüber nach, was wir danach tun würden - und wir ließen Dinge zurück - Satelliten, Raketenkörper, ausrangierte Teile wie Abdeckungen für optische Instrumente. Jetzt gibt es ein Bewusstsein für dieses Thema, es gibt Richtlinien, die sagen, was man nicht tun sollte. Für die Betreiber von Raumfahrzeugen bedeutet all dies jedoch Kosten, denn manchmal muss man, um das Ende der Lebensdauer eines Satelliten besser in den Griff zu bekommen, den Treibstofftank umgestalten, um mehr Treibstoff an Bord zu haben, oder ein „Passivierungsventil" hinzufügen. All dies erhöht die Kosten für ein Raumfahrzeug (Ein Passivierungsventil wird am Ende einer Mission aktiviert, um den gesamten verbleibenden Treibstoff abzulassen und das Risiko einer Explosion des Raumfahrzeugs zu verringern, *Anmerkung der Redaktion*).

Wurde die Clean Space Initiative von der ESA entwickelt? Oder war es eine Art Richtlinie der EU?

Es war wirklich die ESA, die darüber nachgedacht hat. Die einzigen Richtlinien, die damals existierten, war die ISO-Norm der International Organization for Standardization die besagte, dass man am Ende der Lebensdauer den Satelliten innerhalb von 25 Jahren aus den geschützten Umlaufbahnen entfernen muss.



Credit: ESA

> Als wir die Initiative vorschlugen, sagten wir, dass wir eine öffentliche wissenschaftliche Agentur sind und es unsere Pflicht und unser moralischer Auftrag ist, die Umwelt zu schützen. Wenn es um die Beseitigung von Weltraummüll geht, gibt es immer noch eine Menge Diskussionen darüber, warum wir das überhaupt tun sollten. Es ist kostspielig und schwierig. Aber wenn wir mit gutem Beispiel vorangehen, wenn wir beweisen können, dass es machbar ist, dann nehmen wir zumindest den Teil weg, bei dem die Leute sagen: „Es ist nicht machbar." Ich weiß nicht, ob wir es schaffen werden oder nicht, es ist eine sehr schwierige Mission. Aber bevor die Menschen zum Mond geflogen sind, war es auch unmöglich - und wir haben es geschafft. In Wirklichkeit ist also nichts unmöglich. Es kommt einfach darauf an, wie viel Geld wir investieren wollen.

Ein Aspekt, den Sie erwähnt haben, ist die Lebenszyklusanalyse. Wie können Satelliten während ihres gesamten Lebenszyklus nachhaltiger gestaltet werden?

> Das erste, was man verstehen muss, ist, dass es so genannte „Hotspots" gibt - einen Punkt in einem Prozess oder einer Technologie, der die Umwelt mehr belastet als andere. Es mag überraschend klingen, aber einer der größten Hotspots, den wir bei der Betrachtung des gesamten Raumfahrtprozesses gefunden haben, war die Energie, die für die Reinräume verbraucht wird

(*Reinräume sind die extrem staub- und schadstofffreien Einrichtungen, in denen Satelliten und Raketen gebaut und getestet werden, Anmerkung der Redaktion*).

Außerdem braucht man für den Bau von Satelliten Arbeitsräume, die in Bezug auf die Temperatur sehr kontrolliert sind, aber das Heizen und Kühlen der Luft ist etwas, das viel Energie verbraucht. Man hat also zwei Möglichkeiten: Die eine ist, grüne Energie für die Klimatisierung und das Filtern und Reinigen der Luft zu verwenden, oder, zweitens, können wir überlegen: „Brauchen wir diese Reinräume überhaupt?" Können wir einen innovativen neuen Weg finden, um Raumfahrzeuge zu bauen?

Dann gibt es noch andere Beispiele. Im Weltraum müssen die Oberflächen zum Beispiel sehr sauber sein. Es gab eine Lösung, eine Chemikalie, die wir zum Reinigen von Stahl verwendeten, von der wir herausgefunden haben, dass sie eigentlich eine Verunreinigung darstellt. Also haben wir untersucht, ob wir stattdessen Zitronensäure verwenden können[→115], die im Grunde genommen harmlos ist. Wir mussten prüfen, ob mit Zitronensäure behandelte Oberflächen im Laufe der Zeit noch in Ordnung waren - ob sie noch die Eigenschaften hatten, die wir brauchten. Denn erstens, wenn ich heute einen Satelliten oder eine optische Oberfläche reinige, können von der Reinigung bis zum Start sechs Monate bis ein Jahr vergehen. Zweitens wird er nach dem Start zehn Jahre lang im Weltraum sein, also muss ich sicher sein, dass die gereinigte Oberfläche auch auf lange Sicht gut funktioniert.

Eine Ökobilanz umfasst also die Betrachtung vieler kleiner Maßnahmen. Es gibt nicht eine einzige offensichtliche Sache, es sind viele kleine Details.

Wenn Sie über diese nachhaltigeren Praktiken oder nachhaltigen Materialien sprechen, die in Satelliten verwendet werden könnten: Was sind Ihrer Meinung nach die Haupthindernisse dafür, dass sie zur Norm werden?

Man muss das notwendige „technology readiness level" (TRL) erreicht haben, damit etwas an Bord genommen werden kann - und um den richtigen TRL zu erreichen, muss man investieren, weil man testen muss, wie es im Weltraum reagiert und funktioniert.

Geld ist also eine Sache, aber es ist nicht nur Geld. Es ist auch eine Frage der Ausrichtung der Gesellschaft. Tatsache ist, dass heute sehr viel Geld investiert wird, um den Zugang zum Weltraum billiger zu machen, aber nicht unbedingt, sie sauberer zu machen. Wir können aber beides tun und die Raumfahrt für uns alle sauberer gestalten.

INTERVIEW

Weltraumschrott – Wie können wir eine Müllhalde im erdnahen Orbit verhindern?

Interview mit Holger Krag von der ESA

Im erdnahen Orbit sammeln sich ausgediente Satelliten und Trümmerteile an – und jedes Jahr kommen tausende Satelliten hinzu. Warum das problematisch ist und wie mögliche Lösungen aussehen, darüber sprachen wir mit Holger Krag von der ESA.

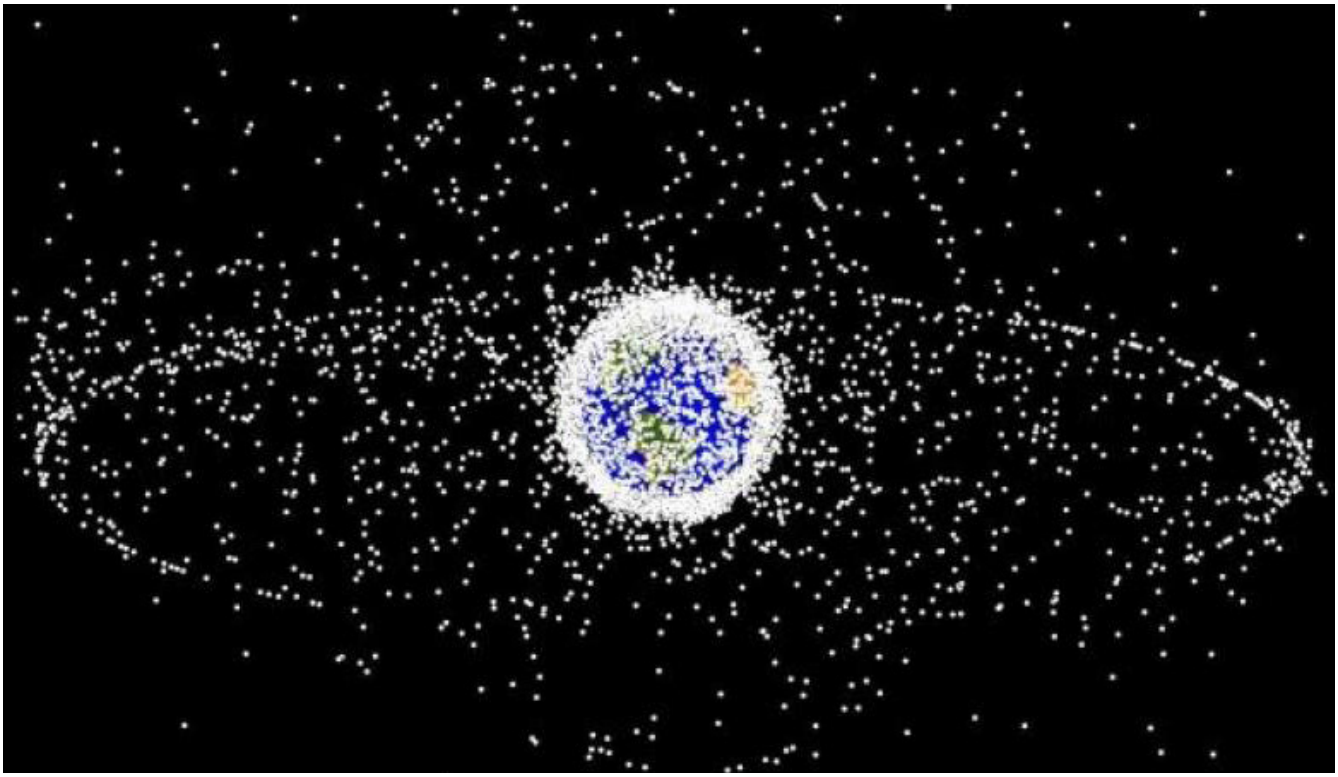
Herr Krag, welche Gefahr geht von Weltraumschrott aus?

WeAll das, was wir im All hinterlassen, ist mit sehr großer Geschwindigkeit unterwegs. Satelliten bewegen sich mit meist sieben Kilometern pro Sekunde, das sind rund 25.000 Kilometer in der Stunde. Und alles, was sich von Satelliten ablöst, bewegt sich weiterhin mit dieser Geschwindigkeit im All. Und in dieser Geschwindigkeit wird schon ein wenige Millimeter großes Stück zum Geschoss, das millionenteure Satelliten zerstören kann. Im schlimmsten Fall gehen diese nicht nur kaputt, sondern zerlegen sich in weitere Trümmer. Und diese Trümmer sind dann wiederum Kandidaten für neue Kollisionen, sodass man vielleicht nicht nur einen einzigen Satelliten verliert, sondern eine Kaskade an Kollisionen (das sogenannte Kessler-Syndrom, Anmerkung der Redaktion) auslöst, die ständig das Weltall weiter mit Trümmern übersät.

Die andere Gefahr ist, dass die Objekte auch irgendwann wieder in die Atmosphäre eintreten, und dann sind wir hier am Boden betroffen. Es ist zwar noch niemandem etwas passiert, aber wir haben jetzt auch mehr Raumfahrtaktivitäten. In der Vergangenheit wurden rund hundert Satelliten pro Jahr gestartet, jetzt haben wir einen Ära-Wechsel und die Zahl geht auf einmal in die Tausende.

Holger Krag leitet das Programm für Weltraumsicherheit der ESA. Dabei befasst er sich mit allen Gefahren, die uns sowohl aus dem All auf der Erde als auch unsere Infrastruktur im All betreffen. Und natürlich auch mit Lösungen, um den Weltraumschrott, der im Orbit sein Unwesen treibt, in den Griff zu bekommen – im wahrsten Sinne des Wortes.

Porträt: Holger Krag
Credit: Reset



Credit: NASA ODPO

Für mich persönlich ist die Problematik im All akuter, denn selbst wenn menschliches Leben nicht unmittelbar betroffen ist, so sind wir inzwischen sehr abhängig von der Raumfahrt. Die Hälfte der Apps auf unseren Smartphones zum Beispiel hängen mit Daten aus dem Weltraum zusammen. Das kann die Fernsehübertragung sein, das Telefongespräch selber, die Wettervorhersage und natürlich die Navigation. Und die Verfügbarkeit von solchen Diensten gefährden wir, wenn wir die Raumfahrt nicht sauberer gestalten.

Mittlerweile umkreist ja eine nicht unerhebliche Zahl an Satelliten und Weltraumschrottteilen die Erde. Gibt es da nicht auch ökologische Bedenken?

Diese Frage ist sehr interessant und ich debattiere sie oft mit Studenten. Weil die Frage ist ja: Ist der Weltraum an sich in irgendeiner Form schützenswert? Ich denke, dass man das von Problemen auf der Erde unterscheiden muss. Wenn wir auf der Erde fahrlässig mit Abfällen handeln, dann gefährden wir nicht nur die Menschheit, sondern auch die Natur und andere Lebewesen. Ich bin aber der Meinung: Im Weltraum ist sonst keiner. Jedenfalls nicht im erdnahen Weltraum, wo wir sind und unsere Raumfahrt betreiben. Damit gefährdet die Weltraumverschmutzung in erster Linie uns als Raumfahrtbetreiber selbst.

Bei vielen Umweltproblemen auf der Erde ist der Verursacher nicht unbedingt der Leidtragende. Das ist im Weltall anders, allerdings kommt noch ein Zeitfaktor hinzu. Hinterlassen wir etwas in 1.000 Kilometern Höhe, wo es keine natürlichen Kräfte gibt, die das Objekt entsorgen können, dann bleibt es auf alle Ewigkeit da.

Wie werden Weltraumschrottobjekte ausfindig gemacht?

Das erfordert ziemlich viel Aufwand, den wir am Boden betreiben müssen. Das sind ja keine intakten Satelliten, die ein „Hier bin ich"-Signal von sich senden. Wir müssen sie aktiv aufspüren - und wir sprechen über Objekte in der Größe eines Stifts, denn das ist die Grenzgröße, die man vom Boden aus sehen kann, rund zehn Zentimeter. Diese strahlen wir vom Boden mit dem Radar an. Dazu braucht man Radaranlagen mit mehreren Megawatt-Leistung. Es reicht aber nicht, wenn man die Objekte nur einmal sieht; man muss das regelmäßig wiederholen und neu vermessen, weil sich die Orbits - also die Bahnen, auf denen sie sich bewegen - durch verschiedene Einflüsse leicht verschieben. Und wir wollen es genau wissen, denn am Ende wollen wir ja unsere Satelliten um diese Objekte herum manövrieren.

Wir setzen auch Teleskope ein, die gleichen, die Astronomen für die Sternbeobachtung verwenden. Das sind passive Teleskope, die im Prinzip das vom Satelliten reflektierte Sonnenlicht einfangen, also quasi nur den Lichtschimmer vermessen. Damit kann man auch relativ gute Positionen bestimmen und mit komplizierten Rechenmodellen dann vorhersagen, wo die Objekte morgen sein werden.

Die permanente Überwachung des Weltraumschrotts mit Radar muss doch mit einem großen Stromverbrauch einhergehen, oder?

Das ist richtig. Es werden mehrere Megawatt an Abstrahlungsleistung gebraucht. Aber damit habe ich mich noch nicht so viel befasst. Aber was mir dazu einfällt: Wir von der ESA haben für die spanische Regierung so einen Radar gebaut. Das steht in der Extremadura, also in der Steppe in Spanien. Und da denken wir tatsächlich über ein Solarkraftwerk nach, weil sich das dort ja anbietet. Das Radar muss natürlich Tag und Nacht arbeiten. Nachts kommt man wahrscheinlich nicht drum herum, Strom aus dem Netz zu nehmen, aber tagsüber könnte man das mit Solarstrom zumindest entlasten. Das ist auch eine ökonomische Frage. Gerade in so einer Gegend wie Spanien, wo die Sonne quasi umsonst zu Verfügung steht, lohnt sich das.

Wie viele Objekte werden aktuell auf diese Art überwacht?

Dieser Aufwand wird zurzeit für 23.000 Objekte betrieben. Alles, was über der Grenzgröße von etwa zehn Zentimetern liegt, können wir sehen, die kleineren Objekte leider nicht. Aber weil die meisten Objekte aus Fragmentierungen, also aus Explosion und Kollision entstanden sind, kann man sich ganz leicht vorstellen: Da gibt es noch viele kleinere. Wir gehen von einer Million aus, die oberhalb einer Kirschengröße sind.

Finden sich in allen Höhenschichten gleichermaßen viele Objekte?

Wir haben das Glück, dass in etwas tieferen Höhenschichten noch Reste von der Erdatmosphäre zu spüren sind. Und die Erdatmosphäre wirkt bremsend, so wie der Luftwiderstand, den man beim Fahrradfahren spürt. Natürlich viel schwächer, aber dieser Effekt reicht aus, um ein Weltraumschrottobjekt in 400 Kilometern Höhe innerhalb von einem Jahr zum Wiedereintritt zu zwingen. In 600 Kilometern Höhe, wo die Atmosphäre etwas dünner ist, braucht das gleiche Objekt allerdings schon 25 Jahre, in 800 Kilometern Höhe dauert das 200 Jahre und oberhalb von 1.000 Kilometern Höhe ist dieser Effekt verschwunden - die Objekte bleiben für alle Ewigkeit da.

Die größte Problematik ist tatsächlich in rund 800 Kilometern Höhe. Das ist eine Höhenschale, die wir gerne verwenden, weil sich von dort aus die Erde sehr gut beobachten lässt. Daher haben wir in dieser Höhe Anreicherungseffekte. In dieser Höhe sind auch schon Kollisionen passiert, vier Stück. Bei der bekanntesten sind ein Iridium-Satellite der zu dem Zeitpunkt noch funktioniert hat, und ein nicht mehr funktionsfähiger russischer Kommunikationssatellit mit einer Geschwindigkeit von 36.000 Kilometern in der Stunde zusammengeprallt. Allein daraus sind über 10.000 neue Trümmerstücke entstanden.

Stimmt es, dass es auch eine so genannte „Friedhofsbahn“ gibt

Ja, die gibt es. Sie ist relevant für die geostationären Satelliten in 25.786 Kilometern Höhe, von denen man nicht erwarten kann, dass sie in die Erdatmosphäre entsorgt werden. Die Friedhofsbahn liegt rund 200 Kilometer darüber - die Richtlinien sehen eine Entsorgung dahin vor. Das wird auch sehr gut umgesetzt. Allerdings ist das Verkehrsaufkommen dort auch nicht so hoch und damit die Problematik nicht so intensiv wie in den niedrigen Orbits.

Der Weltraum - Gemeingut der Menschheit

„Die Erforschung und Nutzung des Weltraums einschließlich des Mondes und anderer Himmelskörper wird zum Vorteil und im Interesse aller Länder ohne Ansehen ihres wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Entwicklungsstandes durchgeführt und ist Sache der gesamten Menschheit.“ (Artikel 1 des Weltraumvertrags) Der sogenannte Weltraumvertrag[→116] trat am 10. Oktober 1967 in Kraft. Bis Juli 2020 haben 110 Staaten den Weltraumvertrag ratifiziert, darunter fast alle Staaten, die gegenwärtig Aktivitäten im Weltraum betreiben. Ziel des Vertrages war die Verhinderung der Okkupation der Himmelskörper durch einzelne Staaten und die Nutzung des Weltraumes nur zu friedlichen Zwecken. Das Abkommen gestattet die zivile Raumfahrt und Weltraumforschung jedem Staat explizit. Für Schäden, die durch von ihnen in den Weltraum gebrachten Objekte entstehen, haften demnach die Staaten selbst.

Was lässt sich dagegen tun, dass sich noch mehr Weltraumschrott im Orbit anreichert?

Eine der wichtigsten Vermeidungsstrategien ist es, die Raumfahrtobjekte nach dem Betrieb durch eigene Mittel möglichst tief herunterzubringen, zum Beispiel durch das Antriebssystem, das viele Satelliten an Bord haben. Wir sagen, dass 25 Jahre eigentlich die Obergrenze sind, die Satelliten im All bleiben sollten. Satelliten, die kein Antriebssystem an Bord haben, wie zum Beispiel die kleinen Cube-Satelliten, die viele Universitäten haben, sollten gar nicht in so großen Höhen ausgesetzt werden. Das ist eine wichtige Forderung.

Wenn man diese Dinge macht, kann man das Anwachsen der Zahl der Objekte im All stoppen. Aber das passiert leider nicht.

Es gibt aber auch kein wirklich verbindliches internationales Abkommen, oder?

Ja, es gibt kein internationales Gesetz, das so was einfordert. Jedes Land ist rechtlich verantwortlich für die Objekte, die gestartet werden. Und da ist es egal, ob das von einer Firma, einer Raumfahrtagentur oder von einer Universität gestartet wird, es haftet der Staat, in dem sich der Firmensitz befindet.

Aber wir sind jetzt in der Ära, in der überall eine nationale Gesetzgebung entsteht. Vorreiter sind Amerikaner, Engländer und Franzosen - und die nehmen Vermeidungsmaßnahmen schon mit auf. Wir in Deutschland haben noch kein Weltraumgesetz, es steht aber schon im Koalitionsvertrag, dass so etwas entwickelt werden soll. Das heißt, so langsam ziehen viele Länder nach. Aber da muss jedes Land mitmachen, nicht, dass rechtliche Inseln für besonders dreckige Raumfahrt entstehen.

Natürlich muss dies dann auch überwacht werden, und da mache ich mir noch Sorgen. Denn aktuell scheitern noch mehr als die Hälfte der Projekte darin, entsprechende Maßnahmen umzusetzen. Das muss viel besser werden.

Doch neben der Durchsetzung nationaler und internationaler Abkommen geht es auch darum, technische Lösungen zu finden.

Ja, denn das Entsorgungsmanöver ist eins der schwierigsten und größten, die überhaupt in einer Satellitenmission stattfinden. Und das dann gerade da etwas schief geht, ist sehr wahrscheinlich. Es braucht also zusätzliche Technik, also zum Beispiel einen unabhängigen Antrieb, der von vornherein installiert wird und der separat vom Boden aus kommandiert werden kann, also so eine Art Paket, das man auf den Satelliten draufschnürt. Wir nennen das einen „Deorbit Kit“, mit dem man auch dann ein Entsorgungsmanöver einleiten kann, wenn der Satellit nicht mehr reagiert. So etwas entwickeln wir.

Wie ist der aktuelle Status bei den Deorbit Kits?

> Da sind wir jetzt in einem Technologiestadium, wo Einzelaspekte schon im All demonstriert worden sind. Ich denke, wir sind relativ bald bereit, einen „unkontrollierten Wiedereintritt“ zu fliegen, das heißt, dass wir ein Objekt im Orbit nur absenken, aber nicht genau vorhersagen können, wo das dann genau wieder eintritt.
>
> An einem kontrollierten Wiedereintritt müssen wir noch arbeiten. Wir gehen davon aus, dass das vielleicht so in fünf bis sechs Jahren verfügbar sein wird.

Entwickelt die ESA auch noch andere Lösungen, um den Orbit von ausgedienten Satelliten und Trümmerteilen zu befreien?

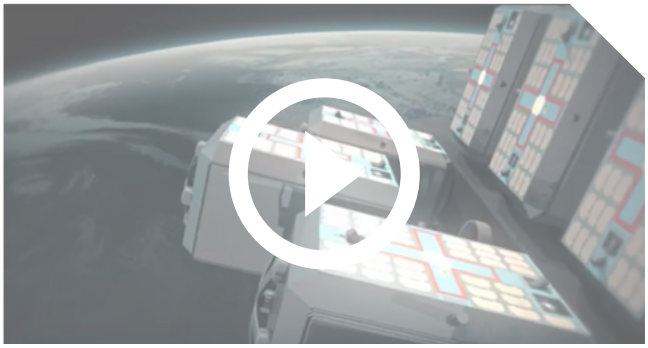
> Ja, wir planen auch aktives Rückholen. Also eine Mission, die die Aufgabe hat, zu einem großen, besonders kritischen Objekt hinzufliegen, es zu greifen und dann kontrolliert zu entsorgen.

Wie kann man sich das genau vorstellen?

> Der Greifer besteht aus vier symmetrisch angebrachten Armen. Die Arme bewegen sich gleichzeitig, so dass kein Reaktionsmoment auf den Satelliten entsteht, was die Steuerung einfach macht. Die Arme umschließen das Objekt, bevor sie es berühren, denn jede Berührung verursacht einen Impulsübertrag, der Rückwirkung hat. Das ist vom Boden aus schwer zu kontrollieren, daher wird das Objekt erst gesichert und dann berührt. Dann wird es fest an den Satellitenkörper gezogen, damit man es gemeinsam mit dem Vehikel abbremsen kann. Das wollen wir bis 2025 demonstrieren.

Das ist ja schon relativ bald für eine wahrscheinlich technisch sehr aufwändige Entwicklung.

> Das stimmt, das ist sehr aufwändig und auch noch nie gemacht worden. Wir leisten jetzt eine Anschubentwicklung für einen mehrstelligen Millionenbetrag, damit die notwendige Technologie vorliegt.



Die Clearspace Mission als Animation.

>YOUTUBE

> Damit soll 2025 die erste Rückholmission eines ESA-Objekts passieren. Ausgeführt wird die Mission durch ein kleines Schweizer Startup, das das später kommerziell machen will. Doch damit sich solche Aktionen lohnen, müssen noch viele Schritte passieren. Heute schreibt ja der Gesetzgeber gar nicht vor, dass solche Missionen verwendet werden müssen. Bereitschaft gibt es schon, aber die Technologie muss da sein und sie muss günstig sein.

Ist es aber nicht einfacher, verstärkt auf die Entwicklung von „Deorbit Kits“ zu setzen als auf aufwändige Rückholmissionen?

> Ja, aber jetzt sind die Entwicklungszeiten noch sehr lang. All das, was wir jetzt nicht vorsehen, das kommt erst viele Jahre später zum Tragen. Das heißt, es wird viele Objekte geben, die damit noch nicht ausgerüstet sind.
>
> Natürlich ist das teuer. Man muss den Preis runterkriegen, aber man darf auch nicht vergessen, dass der Schaden noch viel größer ist, wenn man nichts tut. Auch beim Klima ist es günstiger, wenn unsere Generation Maßnahmen ergreift, als wenn das erst in 50 Jahren passiert.

Lichtverschmutzung

Als SpaceX im Mai 2019 das erste Paket von 60 Starlink-Satelliten in den Orbit schoss, rief das Amateur- und Profiastronom*innen auf den Plan. Sie befürchten, dass künftig dutzende Satelliten die Beobachtung von Sternen und Galaxien stören. Wie stark die Auswirkungen tatsächlich werden, ist derzeit noch nicht abzusehen, da dazu Informationen wie die Reflektivität der Satellitenkörper und ihre endgültige Ausrichtung fehlen→117.

„Big Business" mit den Daten aus dem All

Die größten Abnehmer von Satellitendaten sind nicht NGOs und Zivilgesellschaft, sondern Regierungen, Tech-Unternehmen und die Rohstoffindustrie, so Mariel Borowitz, Forscherin für Raumfahrtpolitik am Georgia Institute of Technology und Autorin des Buches „Open Space" (2017)[→118]. Tech-Giganten wie Google und Amazon laden die Satellitenbilder der großen Weltraumbehörden NASA, NOAA und ESA in dem Moment herunter, in dem sie der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden, und speisen die Daten dann in riesige Archive ein. Amazon hat sogar ein globales Netzwerk von Antennen aufgebaut[→119], mit dem das direkte Herunterladen der Satellitendaten möglich ist.

Natürlich kann es bequem sein, wenn Amazons Alexa uns aus dem Orbit darauf hinweist, dass wir das Dach erneuern müssen oder Google uns bei einer Wanderung im Hinterland beobachtet und im Notfall automatisch Hilfe ruft. Unruhig macht, dass Amazon, Google und Co. zu den mächtigsten Unternehmen der Welt gehören und ein Teil ihres Kerngeschäfts daraus besteht, Werbung passgenau zu liefern, indem sie Daten darüber erheben, wie wir leben, wohin wir gehen und was wir tun. Mit den Satellitendaten ließen sich unsere Interaktionen mit der physischen Welt erfassen - eine weitere Informationsquelle, um Produkte noch besser vermarkten zu können und den weltweiten Konsum weiter anzukurbeln.

Zusätzlich verkaufen die meisten der großen Tech-Unternehmen ihre Dienstleistungen, die unter anderem auf der Satellitenfernerkundung und KI basieren, auch an Öl- und Gasunternehmen, wo sie für die effizientere Ölförderung und Ressourcengewinnung eingesetzt werden. Amazon zum Beispiel hat für seine Kunden aus der Öl- und Gasindustrie das Programm „Predicting the Next Oil Field in Seconds with Machine Learning"[→120] im Angebot, Microsoft veranstaltete eine Konferenz mit dem Titel „Empowering Oil & Gas with AI"[→121] und Google Cloud arbeitet mit Unternehmen der fossilen Brennstoffindustrie zusammen[→122]. Auch der im Mai 2020 veröffentlichte Greenpeace-Bericht „Oil in the Cloud"[→123] (Greenpeace, 2020) legt Verträge zwischen den Technologie-Giganten und großen Ölfirmen offen.

Aus Nachhaltigkeitsperspektive sind weder weitere Konsumsteigerungen noch eine effizientere Ölförderung und Ressourcengewinnung erstrebenswert, denn genau in diesen Bereichen liegen wichtige Stellschrauben, die Pariser Klimaziele zu erreichen. Das heißt im Umkehrschluss aber auch, dass wir dem wenig nachhaltigen Einsatz der Technologien vorbeugen können, wenn wir entsprechende (politische) Maßnahmen im Umwelt- und Klimaschutz vorantreiben, damit die Ausbeutung von Land, Ressourcen und Menschen unrentabel wird.

Gleiches gilt auch für einen anderen Bereich: Obwohl GPS-Peilgeräte beispielsweise Naturschützer*innen im Kampf gegen Wilderei unterstützen, könnten sich Ortungsgeräte in falschen Händen als fatal erweisen. Walfänger*innen, Fischer*innen und Wilderer könnten sie als mächtige Werkzeuge zur Steuerung ihrer Jagd entdecken.

Wir kommen also nicht darum herum, viele der Möglichkeiten vorherzusehen, wie neue Technologien missbraucht werden können und Regelungen und Institutionen einzurichten, die eine nachhaltige Nutzung fördern und gleichzeitig negative Auswirkungen ausbremsen. ●

INTERVIEW

Wie problematisch sind Satelliten und Drohnen aus Datenschutzperspektive?

Interview mit Marit Hansen, Landesbeauftragte Datenschutz Schleswig-Holstein und Mitglied der Datenethikkommission

Satelliten und Drohnen können die Erde immer flächendeckender überwachen, die Auflösungen der Aufnahmen wird immer besser. Derzeit werden bereits Bilder mit einer Auflösung von 30 Zentimetern von privaten Satellitenfirmen aufgenommen, physikalisch sind sogar Auflösungen unter zehn Zentimeter möglich. Mit zunehmender Qualität der Datensätze, mit einer beinahe in Echtzeit möglichen Überwachung aus dem All und immer mächtiger werdenden KI-Systemen, die dazu in der Lage sind, riesige Datenmengen zu analysieren und zu interpretieren, wird es immer wichtiger, Fernerkundungstechnologien unter den Gesichtspunkten des Datenschutzes zu bewerten.

Wann sind Aufnahmen von Satelliten datenschutzrechtlich problematisch? Reicht die Regulierung von Drohnen aus? Wie kann das Risiko für den Missbrauch von Fernerkundungsdaten eingedämmt werden? Darüber haben wir mit der Datenschutzexpertin Marit Hansen gesprochen.

Frau Hansen, inwiefern spielt der Datenschutz eine Rolle bei Satellitenaufnahmen?

> Die Frage ist: Sind Satellitenaufnahmen personenbezogen oder nicht? Beim Datenschutz ist dies die erste Frage, denn hier liegt der Schwerpunkt auf den personenbezogenen Daten. Allerdings klingt das zwar so, als wäre das Thema Personenbezug binär – also entweder sind die Daten personenbezogen oder nicht, entweder gilt das Datenschutzrecht oder nicht –, das Thema ist aber dynamisch. Es zeigt sich nämlich immer mehr, dass sehr vieles potenziell personenbezogen ist. Vielleicht gibt es Daten, die aktuell nicht diesen Eindruck vermitteln, wenn ich aber weitere Daten und Informationen

Die Diplom-Informatikerin **Marit Hansen** ist seit 2015 Landesbeauftragte für Datenschutz in Schleswig-Holstein und beschäftigt sich u.a. aus technischer und juristischer Perspektive damit, wie man eine grundrechtskonforme Gestaltung von Datenverarbeitung realisieren kann. Sie ist außerdem Mitglied der Datenethikkommission der Bundesregierung[→124] und Mitglied des Beirats zum Beschäftigtendatenschutz des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales.

Porträt: Marit Hansen
Credit: Markus Hansen

sammele und miteinander verknüpfe, dann lässt sich möglicherweise eindeutig auf eine bestimmte Person schließen. Oft kann man bereits mit einigen wenigen Datenpunkten erstaunlich viel herausbekommen.

Selbst wenn also eine Satellitenfirma solche Daten gar nicht gezielt erfasst und sich dafür auch gar nicht interessiert – ein Dritter mit weiteren Erkenntnissen könnte diese Punkte später zusammenbringen, sodass sich hier zum Beispiel Bewegungsmuster einer Person verfolgen ließen. Wohlgemerkt, jetzt sind die Auflösungen meist noch nicht hoch genug, dass man zum Beispiel ein Gesicht erkennen könnte – aber das muss man oft gar nicht, da reichen auch weitere Informationen, damit dies relevant für Dritte sein kann.

Was könnten das für Informationen sein?

Zu Zwecken der Werbung könnte das zum Beispiel die Information sein, dass es bei einer bestimmten Adresse einen Swimmingpool gibt. Dann bekommt man vielleicht das Angebot eines Dienstleisters zur Pool-Reinigung. Aber natürlich könnte man daraus auch schließen, dass jemand mit einem Swimmingpool vermutlich wohlhabend ist – dann lohnt sich womöglich ein Einbruch. Und mit den richtigen Daten ließe sich auch gleich der Fluchtweg planen. Das alles sind Dinge, die nicht supergeheim sind, sondern quasi öffentlich verfügbar. Aber erst ihre Zusammenstellung ergibt wieder neue Möglichkeiten. Heute werden ungeheuer viele Daten erfasst, zum Beispiel über ortsbasierte Dienste in unseren Smartphones oder über das Surfverhalten. Wo arbeitet eine Person, wofür interessiert sie sich? Diese Informationen können relevant sein zur Beurteilung der Kreditwürdigkeit, aber auch für die Strafverfolgung, für Werbung, und auch für Manipulationen. Möglicherweise werden diese Daten gegen die Interessen der Betroffenen verwendet. In diesem Kontext, bei diesem großen Risikopotenzial, wären Satellitendaten ein kleiner Baustein. Aber es käme eben wieder etwas an Daten hinzu und bestimmte Situationen, die vorher unkritisch schienen, muss man neu bewerten.

Bisher war Datenschutz hinsichtlich der Fernerkundung durch Satelliten also noch kein so großes Thema, wir stehen hier aber offenbar an einer Schwelle.

Richtig, wir haben hier einen Bereich, der sehr stark in der Entwicklung ist, mit einer immer besseren Sensorik, mit immer weiteren Datenquellen, immer mehr Daten, die geteilt werden. Das kann einerseits sehr gut für das Gemeinwohl nutzbar sein. Aber es ist wichtig, dass auch die Risiken immer mitgedacht werden. Das sage ich nicht als Schwarzseherin, sondern als jemand, der versucht, hier zu gestalten, um eine faire Nutzung zu ermöglichen. Hier darf man die Entwicklungen nicht einfach so laufen lassen. Transparenz ist ganz wichtig, dass also alle Bescheid wissen, was passiert; aber auch die Möglichkeit bekommen, einzugreifen und melden zu können, wenn man

merkt, dass etwas nicht in Ordnung ist. Dass die Presse darüber berichtet und dass Beschwerden nachgegangen wird.

Bei Drohnen, die ja ebenfalls zur Fernerkundung eingesetzt werden, gibt es bereits eine größere gesellschaftliche Debatte. Es gibt Ängste vor Überwachung durch Drohnen. Wie gerechtfertigt ist die Sorge in Deutschland? Ist die Regulierung von Drohnen hierzulande ausreichend?

Drohnen, die nicht mehr als Spielzeug kategorisiert werden, sind in Deutschland sogar ziemlich stark geregelt. Bis hin dazu, dass ein „Drohnenführerschein", also bestimmte Fachkundenachweise erbracht werden müssen, und dass die Drohnen gekennzeichnet sind, dass man also denjenigen, der für eine Drohne verantwortlich ist, nachher auch herausfinden kann. Prinzipiell ist ziemlich klar, was man darf und was nicht. Man darf natürlich seine Drohne nicht ins Schlafzimmer der anderen Nachbarn schauen lassen oder über Versammlungen fliegen – schon weil so eine Drohne ja abstürzen könnte. Man darf auch nicht in der Nähe von Flugplätzen fliegen. Sehr vieles ist also geregelt, ich bin allerdings nicht ganz sicher, ob alle Drohnenpiloten die Regulierungen so genau kennen, wie sie sollten. Ich sehe deshalb nicht so sehr die Notwendigkeit, im Recht nachzuschärfen, eher in der Kommunikation darüber. Es gibt außerdem einige Möglichkeiten, die Regulierungen technisch zu unterstützen. Zum Beispiel, indem die Bereiche, die von Drohnen nicht überflogen werden dürfen, gleich gekennzeichnet sind, zum Beispiel durch Geofencing. Damit wäre technisch die erste Hürde schon eingebaut, denn die Programmierung der Drohne könnte gewährleisten, dass sie beispielsweise in einen Flugplatz gar nicht hineinfliegt.

Ich habe Sie aber so verstanden, dass es bezüglich des deutschen Rechts eine ausreichende Basis gibt, dass ich zum Beispiel sagen kann: Diese Drohnenaufnahmen verletzen meine Privatsphäre und ich möchte, dass sie aus dem Netz entfernt werden?

Grundsätzlich ja, aber hier liegt das Problem: Wie stellt man denn fest, dass eine Aufnahme im Netz landet? Es fliegt etwas vorbei, manche Drohnen hört man, manche weniger. Ist überhaupt eine Kamera eingeschaltet und wenn ja, handelt es sich um eine automatische Übertragung – womöglich gleich ins Internet? Und was passiert später damit? Das bedeutet, der Drohnenverantwortliche muss zwar rein rechtlich seiner Verantwortung nachkommen, aber wenn er dies nicht tut, ist es schwer, das nachzuweisen oder ihn überhaupt aufzuspüren.

Bei Satelliten wäre das dann ja noch viel schwieriger, richtig? Hier kann ich ja weder hören noch sehen, dass in großer Höhe über mir ein Satellit fliegt und potenziell Aufnahmen macht.

Richtig, man muss man von der Verarbeitung überhaupt einmal Kenntnis haben, um dagegen vorzugehen. Es wäre also gut, sich hier erst einmal einen Überblick verschaffen zu können. Deswegen halte ich die Idee von einer Art Satelliten-Register für sinnvoll. Für jedes dieser Flugobjekte, die für uns nicht sichtbar im Weltraum herumschwirren, wäre dann klar: Wer ist der Verantwortliche? Welche nationalen Gesetze gibt es? Hat man Ansprechpartner? Wofür ist der Satellit eigentlich ausgelegt? Ist der Zweck zum Beispiel eine Wetterbeobachtung, werden Forschungsdaten erhoben? Und was passiert dann mit den Daten? Und welche Auflösung haben die Aufnahmen?

Es kann natürlich sein, dass einige Staaten bei so etwas nicht mitmachen. Und ich halte es für sehr wahrscheinlich, dass militärische Satelliten in so einem Register nicht aufgenommen würden. Man hätte dann also noch Leerstellen, aber solch ein Register wäre ein erster Schritt für mehr Bewusstsein zu Satellitenaufnahmen.

Angenommen, ich habe Kenntnis, dass personenbezogene Satellitendaten verarbeitet werden. Wie kann ich bei Satellitenaufnahmen zu meinem Recht kommen?

Die Datenschutzrechte, die Bürger und Bürgerinnen haben, die gelten hier prinzipiell auch. Es geht hier zumeist um ein Abwägen, welche Interessen überwiegen: Welche Interessen hat derjenige, der die Aufnahme macht, der sie vielleicht auch für kommerzielle Zwecke oder für Gemeinwohlzwecke verarbeitet – und was ist mit den Rechten und Freiheiten oder den Interessen derjenigen, die abgebildet werden? Hierzu erwarte ich künftig einige Gerichtsentscheidungen. Wichtige Punkte sind neben den Zwecken beispielsweise die Auflösung der Daten, ob eine Echtzeitanalyse erfolgt und inwieweit Aufnahmen veröffentlicht werden.

Bei Google Street View werden personenbezogene Details in den Aufnahmen, zum Beispiel die Aufnahmen von Gesichtern oder von PKW-Kennzeichen, verpixelt oder geblurred. Wäre so etwas für Satellitenaufnahmen auch ein Weg?

Ja, da gäbe es sicher technische Möglichkeiten. Und es wäre auch eine Variante, dass man bei einem Satelliten die Auflösung absichtlich so eingestellt bzw. reduziert, dass zum Beispiel der Personenbezug gar nicht erst entstehen kann. Oder aber, dass andererseits bestimmte Gebiete, wo es keine Menschen gibt, wo eine hohe Auflösung datenschutzrechtlich unproblematisch ist, auch genauer erfasst werden können, beispielsweise in der Antarktis.

Was könnten noch weitere Hebel sein, um Vertrauen zu schaffen?

Zu wissen, tausende Satelliten fliegen über mir und potenziell könnten mich alle beobachten, das kann natürlich Angst erzeugen oder ein Gefühl der

Ohnmacht. Wenn hier allerdings zugesichert wird, dass unabhängige Auditierungsorganisationen die Parameter überprüft haben, dass die Verantwortlichen sich in die Karten schauen lassen und verantwortungsvoll und korrekt mit den Daten umgehen und sie wirksam gegen missbräuchliche Nutzung schützen – wenn dies alles offengelegt würde, dann kann das auch zu mehr Vertrauen führen. Dass wahrscheinlich einige Staaten nicht das Interesse haben, ihre staatlichen oder auch ihre unternehmerischen Satelliten gläserner zu machen, das steht auf einem anderen Blatt.

In Deutschland gibt es ein Satellitendatensicherheitsgesetz. Das Thema Satelliten ist aber ein internationales. Wäre ein solches Gesetz oder ein „Satelliten-Kodex“ auch auf globaler Ebene vorstellbar?

Meiner Meinung nach wäre das zwar sehr schwierig, ich kann mir aber durchaus vorstellen, dass viele Länder diese Richtung doch erst einmal unterstützen würden. Ob sich dann alle daran halten, das ist natürlich eine andere Sache. Aber ich würde die Idee nicht aufgeben, weil es ein paar gibt, die ausscheren. Es kann eben auch zum guten Ton gehören, dass man mit dabei ist, und zeigt wahrscheinlich auch einen gewissen Konsens an Rechtsstaatlichkeit. Selbst bei Staaten, die anfangs nicht mitmachen, würde ich nicht die Hoffnung für die Zukunft aufgeben.

Auf europäischer Ebene, wenn es um Beobachtungen von Personen in der EU geht, dann kommt hier die DSGVO, die Datenschutz-Grundverordnung, zur Anwendung. Auch Anbieter außerhalb Europas sind verpflichtet, in diesen Fällen die DSGVO einzuhalten. Leider klappt dies nicht immer, und es ist auch sehr schwierig durchzusetzen.

Es gibt viele Fälle, bei denen Satellitendaten und Drohnenaufnahmen herangezogen werden, um auf Missstände im Umweltschutz hinzuweisen, aber es gibt auch andere Nutzungsszenarien. Inwiefern bergen diese Anwendungen die Gefahr des Missbrauchs in den falschen Händen?

Das Potenzial ist auf jeden Fall da, dass solche Daten zum Guten wie zum Schlechten eingesetzt werden können. Die Daten oder die darauf basierende Technik ist eben gar nicht neutral oder objektiv, sondern kann oft in verschiedene Richtungen verwendet werden.

Ein Beispiel wäre die Überwachung von Elefanten, die man tracken könnte, um sie und ihre Habitate zu schützen. Der Einsatz für den Artenschutz wäre ja auf jeden Fall etwas Positives und sicherlich akzeptiert. Genau dasselbe kann aber auch bei Menschen angewendet werden. Wenn zum Beispiel Lebensräume zerstört sind, durch Krieg oder Klima- und Umweltkatastrophen, dann kann das Fluchtbewegungen zur Folge haben. Und wenn dann der

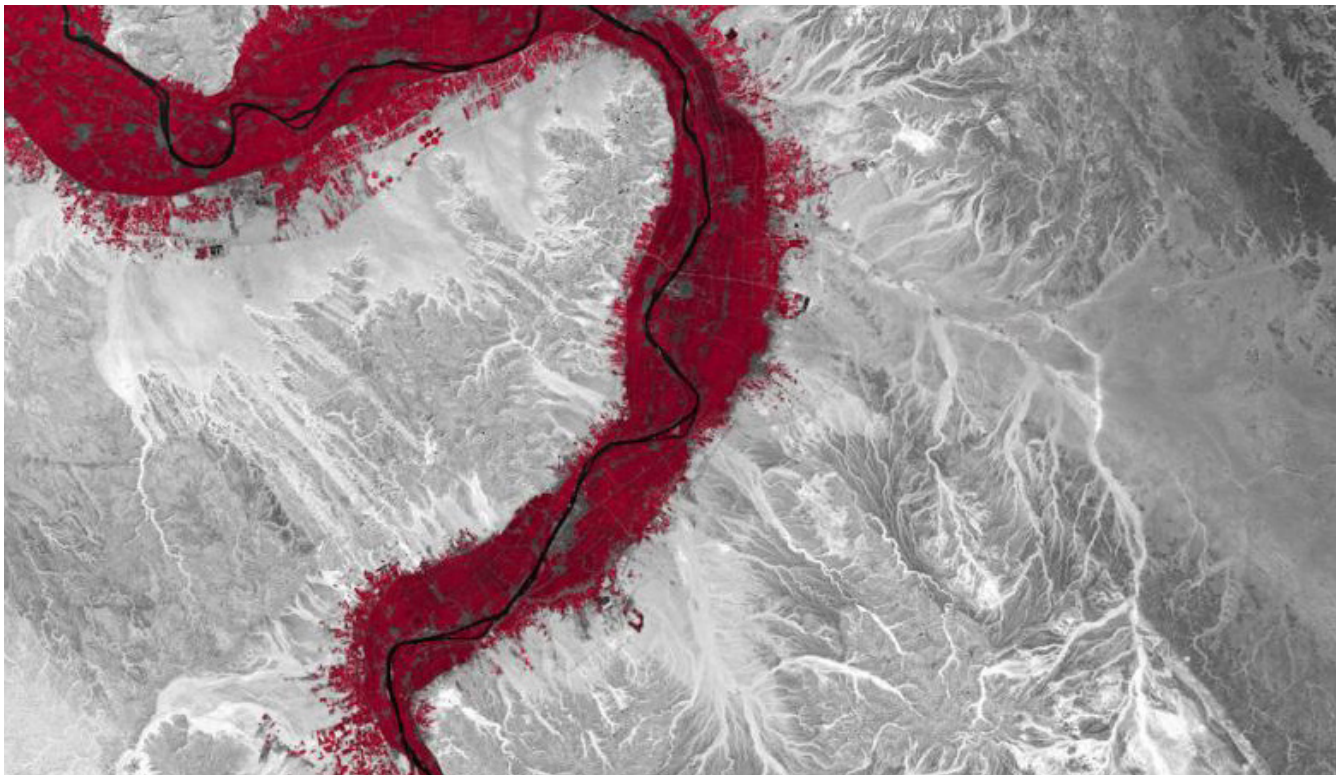
Personaleinsatz von Push-Back-Befürwortern genau dort verstärkt wird, wo es Fluchtbewegungen gibt, um Menschen zurückzuweisen, dann wendet sich das Bild: Was beim Elefanten völlig in Ordnung war, erhält hier auf einmal eine hochethische und datenschutzrechtliche Komponente.

Das Elefanten-Beispiel lässt sich natürlich auch umdrehen. Ein Wilderer könnte den Elefanten ebenfalls tracken und dies zum Jagen der Tiere einsetzen. Dieselbe Technik hat also ganz unterschiedliche Konsequenzen. Das gilt es festzustellen. Aus problematischen Einzelfällen muss nicht folgen, dass die Technik insgesamt nicht eingesetzt werden darf, das würde so nicht funktionieren. Zwar ist das schwierig zu lösen, es spricht aber nicht dagegen, dass man solche Technologien primär für gute Zwecke fördert und einsetzt.

Wie können wir dies sicherstellen?

Wichtig ist, dass ein Bewusstsein dafür geschaffen wird, was insgesamt gerade passiert mit der Digitalisierung unserer Gesellschaft. Denn die Digitalisierung führt zu einer Machtverschiebung. Es steckt viel Potenzial darin, dass wir uns auf Basis von bestimmten Daten und Erfassungen beteiligen und gemeinsam wirksam sein können. Solche Techniken und Crowd-Effekte, beispielsweise Sichtungen solcher Satellitenaufnahmen durch Menschen für einen besseren Umweltschutz, können dazu beitragen, die Welt ein Stück zu verbessern.
Andersherum sind aber auch die Leitplanken einzuziehen, um negative Auswirkungen der Risiken von vornherein zu verhindern. Im Falle der Satelliten könnte eben die Auflösung eingeschränkt werden oder es könnten bestimmte Bereiche besonders geschützt werden, sodass sie vielleicht gar nicht sichtbar sind. Wichtig ist, dass wir die Risiken im Griff haben und dass es dafür eben auch das Bewusstsein gibt. Und wenn sich die Welt verändert, die Technik verändert, dann müssen die Risiken neu bewertet und entsprechende Maßnahmen ergriffen werden. Im Bereich Datenschutz tragen wir dazu einen Teil bei, doch hier brauchen wir noch mehr Beteiligungen an der Folgenabschätzung und für Lösungsstrategien.

Ich schaue nicht pessimistisch auf die Entwicklung der Welt, im Gegenteil. Aber wenn wir diese Entwicklungen nur laufen lassen, uns kein Bewusstsein darüber verschaffen, dann bekommen wir am Ende größere Probleme. Wenn wir diese Entwicklungen jedoch gestalten, unter Einbeziehung der möglichen Folgen und Risiken, dann, glaube ich, können wir die Digitalisierung zum Guten formen.



Credit: Niklas Jordan

Astronautenblick für alle: Wie werden die Erdbeobachtungsdaten der ESA leichter zugänglich?

Die Satellitenmissionen großer Weltraumorganisationen, wie auch der ESA, liefern Unmengen an Informationen über unseren Planeten. Doch der Zugang zu Satellitendaten ist bisher meist nur Expert*innen und Wissenschaftler*innen vorbehalten. Dabei hat jeder Mensch die Möglichkeit, auf die Daten zuzugreifen – theoretisch.

Das Landsat-Programm der NASA war das erste frei verfügbare Satellitenprogramm, ein signifikanter Schritt zur Öffentlichmachung von Daten. Das ist über zwölf Jahre her. Mittlerweile sind viele weitere öffentliche Raumfahrtagenturen dem Beispiel gefolgt.
„Offene Erdbeobachtungsdaten sind einer der wichtigsten Faktoren, damit jeder anfängt zu realisieren, dass wir unseren Planeten schützen müssen", sagt Sabina Dolenc von Sentinel Hub gegenüber RESET. Das Unternehmen arbeitet eng mit der ESA zusammen.

Die ESA stellt mehrere Möglichkeiten zur Verfügung, Daten ihrer Satelliten abzurufen. Im sogenannten SciHub→125 bekommt man alle Informationen dazu. Eine Möglichkeit ist, sich über eine Suche und eine grafischen Benutzeroberfläche durch die Daten zu navigieren. Dazu müssen die Nutzer*innen allerdings konkret wissen, wonach sie suchen: Welche Satelliten-Mission sammelt die Daten? Welcher Satellit war zu dem Zeitpunkt über dem Ort, von dem Daten gebraucht werden? Welcher Sensor an dem Satellit hat die passenden Daten gemessen? Benötigt wird also ein grundlegendes fachliches und technisches Wissen über die angebotenen Satellitendaten.

Eine Alternative, die jedoch nicht minder komplex ist, bietet die API der ESA. Wollen Nutzer*innen von dieser programmatischen Schnittstelle Daten abrufen, brauchen sie wiederum fachliches Wissen. Zusätzlich sind Programmier-

kenntnisse der Programmiersprache Python unablässig.

Eine einfache Alternative zu diesen beiden Möglichkeiten bietet die ESA aktuell nicht. So ist der Zugang zu den Satellitendaten für Menschen, die sich erstmalig mit dem Thema beschäftigen, eine große Hürde. Das bestätigt auch Entwickler Jérôme Gasperi: „Selbst wenn Sie genau wissen, wonach Sie suchen, brauchen Sie einen technischen Hintergrund oder ein Minimum an Informatikkenntnissen, um die Informationen zu bekommen, die Sie benötigen." Mit seiner App SnapPlanet möchte er deshalb jedem den Zugang zu Satellitendaten ermöglichen.

Die ESA nimmt sich der Herausforderung an, sieht aber Gefahren

Die ESA steckt in einem Dilemma: Einerseits möchte die Raumfahrtorganisation die Daten möglichst jedem und vor allem einfach zugänglich machen. Andererseits sind Satellitenprodukte komplexe technologische und fachliche Datenstrukturen. Die ESA muss also zwei unterschiedliche Adressaten bedienen. Wissenschaftler*innen, Industriemitarbeiter*innen und andere professionelle Anwender*innen benötigen die Komplexität der Daten, um Vorhersagemodelle oder detaillierte Analysen zu entwickeln. Journalist*innen, Bürgerinitiativen und Aktivist*innen brauchen überhaupt erst einmal einen Zugang zu den Daten. „Wir müssen dabei immer einen Kompromiss zwischen der Aussagekraft der Antwort und der Einfachheit des Interfaces eingehen", sagt Dr. Nicolaus Hanowski, Head of Ground Segment & Mission Operations Department im Gespräch mit RESET.

Dies ist die Schlüsselherausforderung. Das zeigt auch die Aussage von Dr. Hanowski: „Interessieren Sie sich für die Gesundheit von Vegetation, könnten für Sie Daten über die Bodenfeuchte genauso relevant sein wie der Chlorophyll-Gehalt in den Blättern oder auch die von Blättern bedeckte Fläche eines bestimmten Gebietes. Suchen Sie Daten mit globaler Abdeckung oder untersuchen Sie lediglich eine kleine Fläche, benötigen dafür aber eine höhere Auflösung? Das zeigt die Komplexität von solchen Datenabfragen."

Niklas Jordan, der Autor dieses Textes, spricht und schreibt darüber, wie Technologien eingesetzt werden können, um planetare und gesellschaftliche Veränderungen zu verstehen. Er hat OpenSpaceData.org[→127] gegründet und entwickelt Software, die es allen Menschen ermöglichen soll, einen einfachen und freien Zugang zu Erdbeobachtungsdaten zu bekommen. Mit DisasterTech[→128] hat Niklas außerdem eine globale Community aufgebaut, die an Open Source Tools arbeitet, um Menschen in Krisen- und Katastrophensituationen zu helfen.

Die ESA versucht die Herausforderung über zwei Wege zu lösen: Durch die Bereitstellung von Hilfen und Partnerschaften mit Unternehmen. „Mit Portalen wie dem Sentinel Data Hub, EO Browser oder ESA Earth Online möchten wir einen einfachen Einstieg in die Erdbeobachtung für interessierte Bürger bieten" sagt Dr. Hanowski und erklärt weiter: „Man kann sich nicht nur Daten, die durch unsere Satelliten gesammelt wurden, herunterladen, sondern auch den Umgang mit diesen Daten erlernen. Dafür stellen wir vielfältige Ressourcen mit Hintergrundwissen und Tutorials zur praktischen Anwendung bereit."

Tatsächlich bietet die ESA auf ESA Earth online[→126] vielfältige Erklärungen, multimedial

Credit: Niklas Jordan/ SnapPlanet

aufbereitet. Nutzer erfahren dort mehr über einzelne Satellitenmissionen und welcher Sensor welche Probleme erkennt. Auch wie man mit der ESA-eigenen kostenlosen Software SNAP die heruntergeladenen Daten aufbereiten kann, lernt man dort. Zusätzlich gibt es regelmäßige Weiterbildungsangebote, Webinare und Online-Workshops, an denen oft mehrere tausend Teilnehmer*innen aus der ganzen Welt mitmachen.

Wenn man ein konkretes Anliegen hat, beispielsweise ein Forschungsprojekt, und man benötigt Hilfe bei der Auswahl der richtigen Daten, kann man sich auch direkt an die ESA wenden. Die Missions-Manager*innen helfen dann bei der Auswahl der richtigen Daten, beim sogenannten Processing, also der nachträglichen Bearbeitung der Satellitenbilder. Oder sie unterstützen auch bei der Analyse. „Die ESA beantwortet dazu täglich dutzende Anfragen", sagt Hanowski.

ESA kooperiert mit Startups, um Zugänglichkeit zu verbessern

Eine weitere Lösung ist Sentinel Hub→129, eine Cloud-Software. Entwickelt haben es die europäische Weltraumagentur und das slowenischen Startup Sinergise. Mithilfe der Software können Nutzer*innen die Daten der ESA und weiterer nationaler Weltraumagenturen durchsuchen. Sie können sich Daten anzeigen lassen und sie analysieren.

„Es besteht keine Notwendigkeit, Bildmaterial vom SciHub der ESA herunterzuladen", sagt Sabina Dolenc von Sentinel Hub und ergänzt: „Es besteht auch keine Notwendigkeit für großes Speichervolumen auf dem eigenen PC oder viel Rechenleistung." Man könne einfach die Ressourcen von Sentinel Hub nutzen. Das Prozessieren, also das Kombinieren, verschiedener Daten, um ein bestimmtes Ergebnis zu erhalten, können die Nutzer*innen dann im Browser erledigen.

Letztlich wendet sich das Tool aber auch an ein fachliches Publikum. Denn um die Daten miteinander verknüpfen zu können, sind sogenannte Custom Scripts, also kleine Programmierskripte, notwendig. Es gibt zwar vorgefertigte Scripts, die man mittels Copy-Paste in ein entsprechendes Feld einfügen kann. Um sie nutzen zu können, ist aber technisches Wissen gefragt.

Den Einstieg in die Welt der Erdbeobachtung erleichtert die Software dennoch um einiges, denn auch für einfache Zeitraffer-Aufnahmen oder das Vergleichen von Bildern bietet das Tool bereits viele vorgefertigte Funktionen an. Nimmt man sich ein bis zwei Stunden Zeit, lassen sich bereits viele Welten in Sentinel Hub erkunden.

Aufgrund der engen Zusammenarbeit mit der ESA ist die Nutzung dieser Cloud-Software und der Daten für nicht-kommerzielle Zwecke kostenlos. Das ist für viele, gerade Einsteiger*innen, ein großer Vorteil.

Das Instagram für Satellitenbilder

Eine gänzlich andere Herangehensweise wählt SnapPlanet[→130]: Die App, die als privates Projekt des Franzosen Jérôme Gasperi entstand, kann man auch als Instagram für Satellitenbilder bezeichnen. Und Gasperi hat eine klare Mission: „Die große Mehrheit der Satellitendaten wird von den Bürgern bezahlt. Landsat-Daten werden beispielsweise von US-Bürgern bezahlt und die Sentinel-Daten von den EU-Bürgern. In gewisser Weise sollte es also normal sein, dass alle Bürger einen freien Zugang zu diesen Daten bekommen." Offene Satellitendaten, das ist sein Ziel und er fügt hinzu: „Außerdem glaube ich, dass es Bürgern, Journalisten und Wissenschaftlern helfen wird, Geschichten zu erzählen, die einen positiven Einfluss auf die Gesellschaft und unsere Umwelt haben können."

Dementsprechend einfach lässt sich das Interface der App bedienen: Die Nutzer*innen wählen den Ort auf der Weltkarte aus, von dem sie ein Bild oder eine Animation „snappen" möchten. Die Anwendung stellt alle verfügbaren Bilder der Sentinel-2-Satelliten bereit und schlägt das beste Bild vor. Die Nutzer*innen können alternativ aber auch selbst im Bilderarchiv suchen. Hat man das passende Bild gefunden, können verschiedene Filter darüber gelegt werden. Dadurch lässt sich beispielsweise Wasser in den Vordergrund stellen oder man kann unterschiedliche Arten von Böden oder Gesteinen auf der Aufnahme hervorheben. Aus mehreren Bildern eines Ortes können auch Zeitraffer-Animationen erstellt werden.

Bisher hat sich eine kleine, aber aktive Community in der App gebildet. „Es gibt zwei Arten von Nutzern", erzählt Gasperi. „Künstler und Wissenschaftler. Künstler sind eher an Farben und Formen interessiert, um schöne Schnappschüsse von Orten auf der Erde zu machen. Wohingegen Wissenschaftler SnapPlanet eher nutzen, um die Verfügbarkeit von Daten über einen bestimmten Ort zu prüfen oder um über ihre Arbeit zu berichten. Beispielsweise verwenden Gletscher-Forscher animierte Snaps, um die Verschiebung von Gletschern, die aus dem Weltraum sehr gut zu sehen sind, zu zeigen." Perspektivisch sollen noch weitere Satelliten hinzukommen.

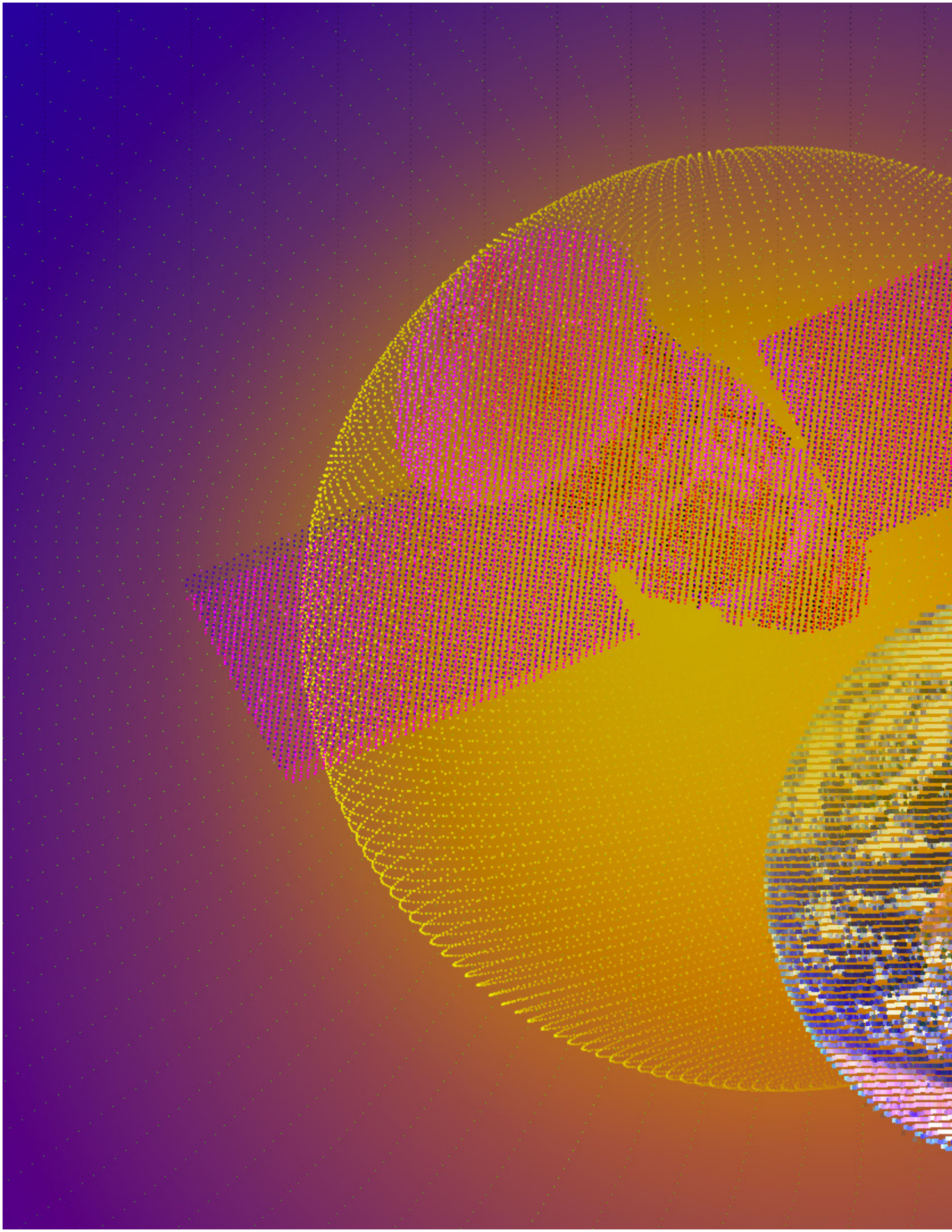
Von Spieleindustrie inspiriert: Digitaler Zwilling der Erde

Mit einem neuen Projekt will die ESA die Satellitenbilder Bürger*innen auf ganz neue Weise zugänglich machen: Digital Twin Earth[→131]. Beschlossen wurde es im Rahmen des Green Deals der Europäischen Kommission. Ziel ist es, Daten aus der Erdbeobachtung mit verschiedenen anderen Daten zusammenzuführen (soziale Daten, Messungen aus der Landwirtschaft oder physikalischen Bewegungsdaten des Planeten) und so ein digitales Abbild der Erde zu schaffen, auf dem verschiedene Modelle und Simulationen ablaufen. „Das hilft uns dabei, europäische Maßnahmen für eine nachhaltige Entwicklung zu testen und zu bewerten", sagt Dr. Nicolaus Hanowski überzeugt.

Was in der Theorie nach einer sehr komplexen Anwendung klingt, soll schon in zwei bis drei

Jahren zur Verfügung stehen. „Das fundamental Neue daran ist, dass wir uns bei der Entwicklung der Benutzeroberfläche auch von der Spieleindustrie haben inspirieren lassen", so Hanowski und sagt weiter, „Das heißt, in den Simulationen sollen Parameter spielerisch beeinflusst werden können. IT-Kenntnisse sind somit nicht mehr notwendig. So werden diese Daten und Informationen einem noch breiterem Publikum zugänglich werden und neue Vorhersagen-Möglichkeiten geschaffen."

Es bleibt abzuwarten, welche Innovationen es in diesem Bereich in der Zukunft noch geben wird. Fakt ist, dass immer neue Tools, Startups und Möglichkeiten der Erdbeobachtung dazukommen. Und auch wenn die allermeisten sich eher an professionellen Anwender*innen orientieren: Die ESA und auch andere nationale Weltraumagenturen haben die Chance der frei zugänglichen Daten erkannt. Sie arbeiten an neuen Möglichkeiten, die Daten abrufbar zu machen – einfach und niedrigschwellig für alle. Denn die Daten bergen ein großes Potenzial für die globalen Herausforderungen unserer Zeit. Dessen ist sich die ESA bewusst, wie Nicolaus Hanowski bestätigt: „Für die ESA ist das Bereitstellen unserer Daten für die größtmögliche Gruppe von Menschen, eine der zentralen Herausforderungen der nächsten Jahre!"



Satelliten und Drohnen

Summary, Ausblick und Handlungsempfehlungen

Satelliten und Drohnen – Summary

Vor mehr als 50 Jahren sind die ersten Bilder unseres Planeten aus dem All entstanden, aufgenommen von Bill Anders an Bord der Apollo 8. Darauf ist unser grün-blauer Erdball zu sehen, umgeben von der unendlichen Schwärze des offenen Raums – ein begrenzter, endlicher und fragiler Planet. Viele Jahrzehnte später verändert sich erneut unsere Sicht auf die Welt und unseren Platz darin – angetrieben von sich schnell entwickelnden Satellitentechnologien, in Verbindung mit Entwicklungsschüben bei Raketen, Drohnen sowie dem Cloud Computing und maschinellen Lernen. Doch nicht nur mehr kommerzielle Unternehmen steigen in das Geschäft im All ein, sondern auch im Umwelt- und Klimaschutz eröffnen sich viele neue Möglichkeiten.

Mit ihrem Instrumentarium, das Oberflächen und Strukturen ebenso erfassen kann wie für das menschliche Auge unsichtbare Stoffe, und **im Zusammenspiel mit neuesten Auswertungs- und Analysetools liefern uns tausende Satelliten heute ein genauso umfassendes wie immer detailreicher werdendes Bild unseres Planeten** - die Trabanten im Orbit decken auf, was auf der Erde und in der Atmosphäre passiert. Satelliten ermöglichen vor allem die flächendeckende Beobachtung einer Vielzahl wichtiger Umweltparameter in relativ hoher zeitlicher Auflösung und mit meist geringerem Kosten- und Zeitaufwand als in-situ-Methoden.

Damit sind Satelliten zu einem wichtigen Werkzeug im Umwelt- und Klimaschutz geworden, wie auch die vorgestellten Anwendungsbeispiele in diesem Dossier zeigen:

→ **Monitoring von Klima- und Ökosystemen**
Mit Satelliten lassen sich Bestandsaufnahmen von Tierarten und Ökosystemen machen, aber auch Strukturen und Zusammenhänge erkennen. Im Projekt ICARUS liefern mit Mini-Sendern ausgerüstete Tiere neue Erkenntnisse über das Artensterben, das EcoVision Lab vermisst die Biomasse der Erde und die 3D-Bodenkarten von SmartCloudFarming helfen bei einer ressourcenschonenden Landwirtschaft. Auch in der Klimaforschung sorgen die Daten für wichtige Erkenntnisse, um bestimmte Aspekte der Funktionsweise der Erde als System zu verstehen. Die ESA-Initiative Climate Change Service[→132] zum Beispiel sammelt und liefert in internationaler Zusammenarbeit eine breite Palette stabiler, langfristiger, satellitengestützter Datenprodukte zu wesentlichen Klimavariablen.

→ **Verhinderung illegaler Aktivitäten**
Satellitentechnologie macht es einfacher, die Ausbeutung von Land und Meer unmittelbar aufzudecken. „Spürhunde“ wie Global Forest Watch, Global Fishing Watch und SkyTruth durchkämmen mit intelligenten Algorithmen Satellitenfotos und Radar-Scans, um Behörden und Zivilgesellschaft auf illegalen Kahlschlag, unseriöse Fischerei, den Ausstoß von Schadstoffen und andere Umweltvergehen aufmerksam zu machen. Amnesty Decoders deckt zusammen mit Freiwilligen Menschenrechtsverletzungen auf Basis von Satellitenaufnahmen auf.

Der Schlüssel zur Steigerung des Wirkpotenzials gegenüber anderen Methoden ist hier die Geschwindigkeit. Mit Satellitendaten können Dinge dann aufgedeckt werden, wenn sie passieren und zuständige Behörden oder zivilgesellschaftliche Organisationen unmittelbar benachrichtigt werden, wie zum Beispiel mit GLAD, einem Abholzungsalarm von Global Forest Watch oder CleanSeaNet, einem Warnsystem für Ölverschmutzungen. Brasilianische Forschende wiesen in einem Report (Assunção et al., 2019)[→133] zum Beispiel nach, dass mit der staatlichen Implementierung des satellitenbasierten Warnsystems DETER (Real Time System for Detection of Deforestation) die illegale Abholzung im brasilianischen Amazonas stark zurückging.

→ **Überprüfung von Schutzmaßnahmen**
Im besten Fall ist das Monitoring mit Satelliten nicht nur eine wichtige Informationsquelle zum Verständnis der Veränderungen auf unserem Planeten, sondern auch ein Schlüssel zur Durchsetzung und Überprüfung wirksamer Schutzmaßnahmen, wie das Forschungsvorhaben COP4SDGs zeigt. Zudem liefern SkyTruth, Global Forest Watch und andere Startups und gemeinnützige Organisationen mit ihren Satelliten-basierten Services nicht nur wertvolle Informationen, um Verschmutzer zur Verantwortung zu ziehen, sondern sie können Unternehmen auch dabei unterstützen, die Emissionen ihrer Geschäftsaktivitäten oder ökologische Auswirkungen ihrer Lieferketten zu verstehen und zu reduzieren. Auch Regierungen können auf Basis dieser Daten die Einhaltung von Richtwerten und Schutzmaßnahmen überprüfen, wie zum Beispiel im Projekt Digital Twin Earth.

→ **Erstellung von Karten und 3D-Modellen**
Aus den Informationen, die Satelliten bereitstellen, können je nach Fragestellung verschiedene Karten und Modelle angefertigt werden. In der Katastrophenhilfe, wie im Projekt Data4Human, geben sie detaillierte Auskünfte über die Lage vor Ort und unterstützen bei der Planung der Einsätze. Glint Solar und Village Data Analytics liefern Informationen über geeignete Standorte für Solaranlagen. Und die digitalen Zwillinge der Erde (Digital Twin Earth) und des Ozeans (Digital Twin of the Ocean, DTO) machen aus den Aufnahmen und Messungen der Satelliten in Kombination mit anderen

Datenquellen Modelle, mit denen Prognosen erstellt und Schutzmaßnahmen durchgespielt werden können.

Satellitendaten sind Teil einer langen Wirkkette

Damit aus den Satellitendaten wirklich Schutzmaßnahmen werden, darf jedoch nicht vergessen werden, dass die Informationen Teil einer langen Wirkkette sind und entsprechende Institutionen vorhanden sein müssen, die das Wissen in Handlungen umsetzen. Dies illustrieren unzählige Beispiele, wie auch dieses: In afrikanischen Ländern, in denen sich verschiedene Organisationen für den Empfang von Abholzungswarnungen von Global Forest Watch (GLAD) angemeldet haben, der mit Hilfe von Satelliten die Abnahme der Waldbedeckung in den Tropen erkennt, ging die Abholzung in zwei Jahren um 18 Prozent zurück, wie eine neue Studie (Moffette et al., 2021)[→134] belegt.

Auch die Autor*innen einer Studie (Matt Finer et al., 2018)[→135] im Auftrag der Amazonas Conservation Association (ACA)[→136] betonen, dass der langfristige Erfolg von Waldschutzbemühungen letztlich davon abhängt, wie staatliche Institutionen mit den Satelliteninformationen umgehen. Eine bessere Koordinierung zwischen NGOs, politischen Entscheidungsträger*innen und Gemeinden vor Ort ist erforderlich, damit die Maßnahmen maximal wirksam sind.

Drohnen und Satelliten - Teamplayer und Konkurrenz

Die Satellitendaten werden oft erst in der Kombination mit weiteren Methoden und Technologien wirklich aussagekräftig, wie unsere Anwendungsbeispiele gezeigt haben.

In vielen Projekten ergänzen sich auch Satelliten und Drohnen. Während Satelliten zunächst einen umfassenden Überblick über ein Gebiet geben, „zoomen“ Drohnen in einem zweiten Schritt noch näher heran. Gleichzeitig stehen sie in einigen Bereichen auch in Konkurrenz zueinander, denn mit einer immer besseren Auflösung können viele Aufgaben heute schon mithilfe von Satellitenbildern ausgeführt werden, für die zuvor Drohnen eingesetzt wurden – und das oftmals kostengünstiger und mit weniger Personalaufwand. Dies betrifft Anwendungen in der Landwirtschaft, aber auch, wenn es um die Erkundung der Ozeane und den Schutz von Wäldern geht.

Weltraumschrott – Lösungen, damit der erdnahe Orbit nicht zur Müllhalde wird

„Wir dachten, dass alle Ozeane unendlich sind. Wir haben Dinge weggeworfen, und weil sie nur klein sind, dachten wir, es würde keine Auswirkungen haben. Nur haben wir das immer wieder getan und jetzt füllen sich unsere Ozeane mit Plastik. Niemand dachte, dass dies passieren würde. Im Weltraum haben wir genau dasselbe mit unseren ausgedienten Satelliten gemacht“, sagt Luisa Innocenti, die das Clean Space Office der ESA leitet, im Interview.

Im erdnahen Orbit lagert sich mehr und mehr Weltraummüll an – und einen wichtigen Anteil daran haben Satelliten. Dazu kommt, dass sich Satelliten und andere Raumfahrtobjekte durch Kollisionen immer weiter zersetzen – und großen Schaden an anderen Satelliten anrichten können. Der aktuelle Schub wird das Thema weiter verschärfen.

Damit gefährden ausgediente Satelliten und deren Kleinstteile natürlich an erster Stelle die Raumfahrt und Satellitenmissionen selbst. Gleichzeitig stellt sich aus Nachhaltigkeitsperspektive aber auch die Frage, ob wir Menschen den erdnahen Orbit als Müllhalde nutzen sollten, auch wenn im Gegensatz zu vielen Umweltproblemen auf der Erde (erst einmal) niemand außer der Raumfahrt selbst zu Schaden kommt. Doch genauso, wie wir uns lange Zeit wenig um unsere Hinterlassenschaften in den schier unendlich erscheinenden Weiten der Ozeanen gekümmert haben, genauso verhalten wir uns auch jetzt im All. Doch unser Wissen zu einem bestimmten Zeitpunkt ist begrenzt - und wer weiß heute schon, wofür wir den erdnahen Orbit in Zukunft nutzen könnten.

Mindestens aus eigenem Interesse beginnt sich die Raumfahrt jedoch mit ihren Hinterlassenschaften zu beschäftigen. Internationale Raumfahrtagenturen haben sich im „Inter-Agency Space Debris Coordination Committee“ (IADC)[→138] zusammengeschlossen, um aktuelle Forschungsergebnisse auszutauschen und Vermeidungsmaßnahmen zu erarbeiten. Und die ESA entwickelt in Zusammenarbeit mit Startups und Unternehmen Technologien zur aktiven Rückholung inaktiver Satelliten, wie Holger Krag im Interview berichtet. Gleichzeitig wird an einem „Deorbit Kit“ getüftelt, einem unabhängigen Antrieb, der Entsorgungsmanöver einleiten kann, wenn ein Satellit nicht mehr reagiert. Krag rechnet damit, dass die Technologien in fünf bis sechs Jahren verfügbar sein werden. Eine wichtige Forderung ist aber auch, dass Satelliten, die kein eigenes Antriebssystem an Bord haben, wie zum Beispiel viele der kleinen Cube-Satelliten, nur in Höhen ausgesetzt werden, in denen die Schwerkraft deren „Entsorgung“ erledigt.

Städte im Weltraum
Die aktuell noch sehr utopisch klingende Vision des finnischen Erfinders Pekka Janhunen von Städten im Weltraum[→137] verweist darauf, dass im Orbit durchaus auch noch andere Nutzungsmöglichkeiten schlummern - die wir aus unserer heutigen Perspektive kaum vorhersehen können.

Doch der Weltraummüll ist nur eine Herausforderung. Weltraummissionen haben in jeder Phase ihrer Planung und Ausführung auch negative ökologische Auswirkungen auf unseren Planeten. Im Clean Space Office der ESA wird daher daran geforscht, wie Satelliten über ihre gesamte Lebensphase nachhaltiger werden können.

Laut Luisa Innocenti, Leiterin des Clean Space Office, besteht der Weg zu einer umweltschonenderen Raumfahrt aus vielen

kleinen Maßnahmen. Dabei geht es um den Einsatz verschiedener nachhaltiger Verfahren und Materialien, wie zum Beispiel ein Überdenken der Heizung und Kühlung der Produktionsräume, die Verwendung nachhaltiger Roh- und Treibstoffe für den Bau und Betrieb der Satelliten. Innocenti verdeutlicht, dass der Nachhaltigkeitsgedanke in der Raumfahrt jedoch noch wenig verbreitet ist. Die Arbeit im Clean Space Office ist damit echte Pionierarbeit.

Auch die physische Seite der Drohnen sollte aus Nachhaltigkeitsperspektive nicht unbeachtet bleiben. Wie auch bei den meisten anderen Elektrogeräten sind die Hersteller in der Produktion der Flugobjekte bisher noch nicht an ökologische und soziale Standards gebunden. Die Entsorgung ist über verschiedene Elektrogesetze→139 geregelt; ausgediente Drohnen können mittlerweile an verschiedenen Stellen zurückgegeben und so dem Recycling zugeführt werden.

Transparenz für den Schutz von Privatsphäre

Auch wenn heute noch keine Gesichter aus dem All erkennbar sind, so sind Datenschützer*innen dennoch unruhig. Denn, wie Marit Hansen im Interview illustriert, lassen sich aus den Informationen, die uns Satelliten liefern, in Kombination mit anderen Daten, einige Aussagen über zum Beispiel Lebensgewohnheiten oder Wohlstandsniveau herauslesen. Und diese Daten sind oftmals in den Händen der großen Tech-Giganten, gegenüber denen ohnehin schon Bedenken in Bezug auf den Umgang mit Datenschutz und Privatsphäre immer lauter werden. Dies betrifft genauso auch die Aufnahmen der Drohnen.

Wenn es um Beobachtungen von Personen in der EU geht, dann greift bei Satelliten- und Drohnendaten die Datenschutzgrundverordnung (DSGVO). Daran müssen sich auch Anbieter halten, die außerhalb von Europa ihren Firmensitz haben. „Dass dies nicht immer passiert und auch sehr schwierig durchzusetzen ist, steht leider auf einem anderen Blatt“, sagt Hansen. Zudem gibt es in Deutschland ein Satellitendatensicherheitsgesetz, auf internationaler Ebene allerdings noch nicht.

Transparenz spielt in diesem Zusammenhang eine große Rolle, denn wenn sich alle darüber informieren können, was passiert, haben sie auch die Möglichkeit einzugreifen. Hansen empfiehlt dafür eine Art Satellitenregister: „Für jedes dieser Flugobjekte, die für uns nicht sichtbar im Weltraum herumschwirren, wäre dann klar: Wer ist der Verantwortliche? Welche nationalen Gesetzen gibt es? Hat man Ansprechpartner? Wofür ist der Satellit eigentlich ausgelegt? Ist der Zweck zum Beispiel eine Wetterbeobachtung, werden Forschungsdaten erhoben? Und was passiert dann mit den Daten? Und welche Auflösung haben die Aufnahmen?“

Die Datenschutzexpertin regt außerdem an, dass man bei Satelliten die Auflösung absichtlich so einstellen könnte, dass gar nicht erst ein Personenbezug

entstehen kann. Dabei könnte man auch zwischen Gebieten unterscheiden, in denen eine hohe Auflösung datenschutzrechtlich unproblematisch ist - zum Beispiel in der Arktis - und wo nicht. Bei Drohnen ist mittlerweile schon sehr viel reguliert - dennoch hat Hansen Bedenken, wie gut diese Regulierungen durchgesetzt werden (können). Neben einer besseren Kommunikation schlägt sie daher vor, die Regulierungen technisch zu unterstützen, zum Beispiel durch Geofencing.

Eine wichtige Basis für mehr Vertrauen seitens der Bürger*innen und Zivilgesellschaft in die Technologien sei auf jeden Fall, dass unabhängige Institutionen die Einhaltung solcher Übereinkünfte und Richtlinien überprüfen, die Verantwortlichen verantwortungsvoll und korrekt mit den Daten umgehen und sich in die Karten schauen lassen.

Wie objektiv sind Satellitendaten?
Zumeist wird angenommen, dass Satellitenbilder objektiv und neutral sind und die Realität abbilden. Eine Studie der Universität Hamburg (Rothe et al., 2020)[→140] zeigt jedoch, dass auch Satellitenbilder kritisch hinterfragt werden müssen. Die Forschenden untersuchten für ihre Studie zwei Lager für syrische Geflüchtete in Jordanien. Das eine der Lager entwickelte sich mit wenig zentraler Planung – aus dem Weltraum wirken seine Strukturen unregelmäßig und teils chaotisch. Das zweite Lager hingegen wurde am Reißbrett entworfen und wirkt auf Satellitenbildern ordentlich und aufgeräumt. Die Satellitenaufnahmen der Lager werden von der jordanischen Regierung, lokalen NGOs und Medien genutzt. Aufgrund der Aufnahmen wurde das eine als verwahrloster Ort mit hoher Kriminalität empfunden, das andere als strukturierter, gut zu verwaltender Ort.

Die Forschenden der Uni Hamburg ermittelten vor Ort jedoch genau das Gegenteil: Im chaotisch wirkenden Lager leben Menschen, die ihre Lage selbst gestalten, über eine hohe Resilienz, Kreativität und einen ausgeprägten Gemeinschaftssinn verfügen. Die Menschen im scheinbar gut strukturierten Lager werden hingegen stark überwacht und in ihren Aktivitäten eingeschränkt, viele verlassen das Camp so schnell wie möglich.

Dr. Juan Miguel Rodriguez Lopez vom Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit (CEN) an der Universität Hamburg, der an der Studie mitgearbeitet hat, ist sich sicher, dass Satellitendaten wichtige Werkzeuge sind, um etwas sichtbar zu machen, was von der Erde aus nicht sichtbar ist. Dennoch komme die kritische Reflexion der Wirkungsweise dieses Werkzeuges bisher zu kurz.

Ausblick und Handlungsempfehlungen

Satellitendaten sind zu wichtigen Werkzeugen im Umwelt- und Klimaschutz geworden, doch wie wir gezeigt haben, verschärfen sich mit dem erleichterten Zugang zum Weltraum und einer neuen Denkweise innerhalb der Raumfahrt zunehmend auch Themen wie Weltraumschrott, die energie- und ressourcenaufwändig Entwicklung und Produktion der Erdtrabanten, Bedenken beim Datenschutz und der erleichterten Ausbeutung unseres Planeten durch Tech-Giganten. Doch es gibt verschiedene Stellschrauben.

Entwicklung, Betrieb und Entsorgung der Satelliten nachhaltig gestalten

- Wenn Satelliten verpflichtend mit einem zusätzlichen Antrieb ausgestattet werden, können sie am Ende ihrer Mission aus dem Orbit entfernt werden.
- Satelliten ohne ein eigenes Antriebssystem sollten nur in Höhen ausgesetzt werden dürfen, in denen die Schwerkraft die „Entsorgung“ erledigt.
- Um die Nachhaltigkeit in der Produktion zu erhöhen, sollten beim Bau von Satelliten verstärkt nachhaltige Materialien verwendet werden.
- Durch eine bedarfsgerechte Kühlung und Beheizung der Produktionsräume und den Einsatz erneuerbarer Energien kann der Energiebedarf bei der Entwicklung reduziert werden.

Sicherung von Privatsphäre und Datenschutz

Verbunden mit immer höheren Auflösungen der Satelliten- und Drohnenaufnahmen werden Datenschutz und Privatsphäre zu immer wichtigeren Themen. Daher gilt es, durch verschiedene Maßnahmen frühzeitig dem Datenmissbrauch vorzubeugen, insbesondere durch eine bessere Transparenz.

- Ein „Satelliten-Kodex“ könnte eine höhere Transparenz auf internationaler Ebene garantieren.
- Um mehr Transparenz für die Öffentlichkeit herzustellen, könnte zum Beispiel eine Art Satellitenregister entwickelt werden, in dem Informationen über die Satelliten, ihre Umlaufbahn, Betreibende, Ansprechpartner*innen, Zweck, Auflösung und Datenverarbeitung enthalten sind.
- Je nachdem, ob Personenbezug herstellbar ist oder ein Gebiet datenschutzrechtlich unproblematisch ist, könnte mit der Auflösung variiert oder „Blurring“ (wie bei Google Street View) eingesetzt werden.
- Damit die Übereinkünfte und Richtlinien eingehalten werden, sollten diese von unabhängigen Institutionen überprüft werden.

Freier Datenzugang für maximale Wirksamkeit

Satelliten liefern Wissenschaftler*innen, politische Entscheidungsträger*innen, Zivilgesellschaft und Bürger*innen wichtige Daten und Informationen, um den

Klimawandel, Umweltveränderungen und andere Herausforderungen unserer Zeit zu erkennen, besser zu verstehen und anzugehen. Doch um maximal wirksam für möglichst viele Menschen zu sein, sollten die Daten frei zugänglich sein.

Auch wenn die ESA und andere Weltraumagenturen an neuen Möglichkeiten arbeiten, die Daten abrufbar zu machen, ist der Zugang zu mehr als der Hälfte der nicht klassifizierten Erdbeobachtungssatelliten nach wie vor eingeschränkt (vgl. Mariel Burowitz)[→141].

Umso wichtiger ist es, einen freien Datenzugang und Daten-Sharing zu ermöglichen.

- → Eine umfassendere Finanzierung und Förderung der Programme der Raumfahrtorganisationen sichert deren Bestand und die Weiterentwicklung, ohne dass die Organisationen mit ihren Satellitenprodukten marktwirtschaftlich agieren (und damit den Zugang beschränken) müssen.
- → Die Förderung von Open-Source-Software ermöglicht einer breiten Öffentlichkeit den Datenzugang.
- → Die Erweiterung der Open-Sky-Politik[→142] auf die Weltraumforschung könnte garantieren, dass kein großer Akteur andere vom Zugang zu Beobachtungen ausschließen kann.

Umfassender politischer Rahmen und Förderung nachhaltiger Raumfahrt gefragt
Natürlich ist die Satelliten- und Drohnenbranche mit ihrem ökologischen Fußabdruck noch lange nicht mit anderen, CO2-intensiven Bereichen, wie zum Beispiel dem Verkehrs- oder Gebäudesektor, zu vergleichen. Dennoch gilt es gerade jetzt, mit dem Beginn einer neuen Ära, Aspekte der Nachhaltigkeit zu integrieren, bevor die Probleme weiter anwachsen. Und dazu reicht nicht allein das Engagement einzelner engagierter Raumfahrtorganisationen und Unternehmen, sondern **gefragt ist ein verbindlicher, internationaler Rahmen, der den ökologischen Fußabdruck in allen Phasen der Luft- und Raumfahrt auf der Erde, weitere Müllansammlungen im Orbit und Aspekte des Datenschutzes und der Privatsphäre bei der Fernerkundung mit Satelliten und Drohneneinsätzen reguliert und deren Einhaltung kontrolliert.**

Gleichzeitig bedarf es einer **intensiven Förderung von Projekten und Unternehmungen, die neue Anwendungen und Lösungen für den Umwelt- und Klimaschutz erproben und alternative Wege hin zu einer nachhaltigeren Luft- und Raumfahrt vorantreiben.** Dazu gehört auch, Forschung und Zivilgesellschaft einen freien Zugang zu den Daten aus dem Weltraum zu ermöglichen.

Es bleibt also festzuhalten: **Damit Satelliten und Drohnen so eingesetzt werden, dass sie möglichst vielen Menschen nutzen und den Umwelt- und Klimaschutz voranbringen, müssen Politik und Zivilgesellschaft die Entwicklungen aktiv mitgestalten und die Potenziale ausschöpfen, ohne die Risiken zu vernachlässigen – mit dem Bewusstsein über die Begrenztheit und Einzigartigkeit unseres Heimatplaneten.**

Quellenverzeichnis und Links

1 https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Frank_White_(Autor)&action=edit&redlink=1

2 https://www.derstandard.at/story/2000119188546/elf-bisher-unbekannte-pinguin-kolonien-vom-weltraum-aus-entdeckt

3 https://reset.org/blog/interview-wie-es-zu-der-entdeckung-milliarden-baeumen-der-wueste-kam-02022021

4 https://www.spiegel.de/politik/ausland/china-unterdrueckt-uiguren-die-politik-der-internierungen-ist-auf-dauer-angelegt-a-713073b1-8d0e-4018-97cd-788da3d7973d?utm_source=pocket-newtab-global-de-DE

5 https://www.esa.int/Safety_Security/Space_Debris/Space_debris_by_the_numbers

6 https://www.rocketlabusa.com/

7 https://www.zeit.de/2019/46/marco-fuchs-ohb-unternehmen-bremen-raketenbau/komplettansicht

8 https://www.heise.de/hintergrund/Livestream-aus-dem-All-4133909.html

9 https://www.reuters.com/article/deutschland-bdi-weltraum-idDEKBN1XL0H9

10 https://bdi.eu/themenfelder/rohstoffe/#/artikelwide/news/raumfahrt-ist-im-digitalen-zeitalter-fuer-deutschland-und-industrie-von-zentraler-bedeutung/

11 https://reset.org/knowledge/kuenstliche-intelligenz-%E2%80%93-koennen-wir-rechenleistung-unseren-planeten-retten-12112019

12 https://www.heise.de/hintergrund/Livestream-aus-dem-All-4133909.html?seite=2

13 https://reset.org/blog/esa-kuendigt-ehrgeizige-neue-erdbeobachtungsmissionen-satelliten-01052021

14 https://www.sciencemag.org/news/2021/02/brazil-s-first-homemade-satellite-will-put-extra-eye-dwindling-amazon-forests?utm_source=Nature+Briefing&utm_campaign=0e95e46bd1-briefing-dy-20210301&utm_medium=email&utm_term=0_c9dfd39373-0e95e46bd1-44953233

15 https://www.edf.org/climate/how-methane-sat-is-different

16 BMWi (Hrsg.) (2017): Bericht der Koordinatorin für die Deutsche Luft- und Raumfahrt. Innovation und Hochtechnologie für eine Welt im Wandel. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Technologie/bericht-der-koordinatorin-lur.pdf?__blob=publicationFile&v=26

17 https://reset.org/blog/die-digitalagenda-%E2%80%93-dem-weg-die-umweltpolitik-40-03092020

18 https://www.bmu.de/digitalagenda/massnahmen-der-digitalagenda/

19 https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Technologie/bericht-der-koordinatorin-lur.pdf?__blob=publicationFile&v=26

20 http://www.esa-bic.de

21 DLR (Hrsg.) (2019): Ausgründungsstrategie des DLR https://www.dlr.de/tm/Portaldata/43/Resources/dokumente/tm_dokumente/DLR_Ausgruendungsstrategie_2019.pdf

22 https://www.airbus-bizlab.com/

23 Reset.org (Hrsg.) (2020): Greenbook (1): Künstliche Intelligenz - Können wir mit Rechenleistung unseren Planeten retten? https://reset.org/https%3A/%252Freset.org/blog/greenbook_01_kuenstliche-intelligenz

24 https://skytruth.org/

25 https://bluefield.co/

26 https://reset.org/blog/satelliten-entlarven-schwefeldioxid-verschmutzer-aus-dem-all-07232018

27 https://www.scientificamerican.com/article/private-space-race-targets-greenhouse-gas-emitters/

28 https://www.geospatialworld.net/blogs/pinpointing-methane-emissions/

29 https://skytruth.org/the-attic/oil-spill-tracker/

30 http://frack.skytruth.org/frackfinder

31 https://reset.org/knowledge/17-ziele-fuer-eine-nachhaltige-und-gerechte-zukunft-02262018

32 https://www.d-copernicus.de/fileadmin/Content/pdf/Beispiele-aus-Deutschland/landmonitoring/20191014_Cop4SDG_Projekt_DE_1.pdf

33 https://eo4sdg.org/wp-content/uploads/2018/09/EO4SDG_for_GEO.Highlights.Report.pdf

34 https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/knowledge-publications-tools-and-data/knowledge-centres-and-data-portals/eurogeo_en

35 https://www.glintsolar.co/

36 https://www.villagedata.io/

37 https://www.deutschlandfunknova.de/beitrag/solarenergie-schwimmende-solaranlagen

38 https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.ACCS.ZS?most_recent_value_desc=false

39 https://reset.org/knowledge/17-ziele-fuer-eine-nachhaltige-und-gerechte-zukunft-02262018

40 https://www.esabic.no/

41 https://www.visitnorway.de/info/uber-innovation-norway

42 https://www.tfe.energy/

43 https://www.appliedai.de/

44 https://reset.org/knowledge/plastic-ocean-plastikinseln-im-meer

45 https://reset.org/knowledge/mikroplastik-%E2%80%93-klein-fies-und-ueberall-04192018

46 https://reset.org/taxonomy/term/9760

47 https://reset.org/knowledge/plastic-ocean-plastikinseln-im-meer

48 Lauren Biermann et al. (2020): Finding Plastic Patches in Coastal Waters using Optical Satellite Data. https://www.nature.com/articles/s41598-020-62298-z#Sec2

49 http://emsa.europa.eu/csn-menu.html

50 https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/SMOS/Space_is_key_to_monitoring_ocean_acidification

51 https://aquarius.nasa.gov/

52 https://climate.esa.int/en/

53 https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034425719304882

54 https://marine.copernicus.eu/

55 https://marine.copernicus.eu/ocean-digital-twin/

56 https://www.icarus.mpg.de/16575/ueber-icarus

57 https://reset.org/blog/wie-satellitenhalsbaender-fuer-elefanten-helfen-wilderer-tansania-zu-stoppen-04252018

58 https://www.icarus.mpg.de/4331/animal-tracker-app

59 https://www.movebank.org/cms/movebank-main

60 FAO (HRSG.) (2018): The State of World Fisheries and Aquaculture. http://www.fao.org/3/i9540en/i9540en.pdf

61 https://globalfishingwatch.org/

62 https://www.theguardian.com/environment/2020/jun/02/football-pitch-area-tropical-rainforest-lost-every-six-seconds

63 https://reset.org/knowledge/waelder-unsere-gruene-lunge

64 https://www.globalforestwatch.org/

65 https://www.nicfi.no/current/new-satellite-images-to-allow-anyone-anywhere-to-monitor-tropical-deforestation/

66 Fanny Moffette et al. (2021): The impact of near-real-time deforestation alerts across the tropics. https://www.nature.com/articles/s41558-020-00956-w

67 http://www.congress.gov.ph/press/details.php?pressid=8604

68 https://www.nicfi.no/current/new-satellite-images-to-allow-anyone-anywhere-to-monitor-tropical-deforestation/

69 https://reset.org/blog/opensurface-ki-plattform-spuert-landnutzung-und-entwaldung-aus-dem-weltraum-04072020

70 https://www.wri.org

71 https://www.greencitywatch.org/

72 https://prs.igp.ethz.ch/ecovision.html

73 https://www.weltagrarbericht.de/themen-des-weltagrarberichts/wasser.html

74 https://www.worldwater.io/

75 http://smartcloudfarming.com/

76 https://waterfox.heliopas.ai/

77 FAO (2016): Supporting pastoralism. http://www.fao.org/3/a-i6140e.pdf

78 https://www.pciglobal.org/

79 https://www.pciglobal.org/afriscout/

80 https://www.dlr.de/content/de/bilder/2020/02/data4human-schadensanalyse.html

81 https://reset.org/blog/wertvolle-hilfe-aus-dem-all-aerzte-ohne-grenzen-setzt-seinen-einsaetzen-massgeschneiderte-karte

82 https://reset.org/blog/unosat-satelliten-die-zukunft-der-humanitaeren-hilfe-gestalten-12292020

83 https://www.dlr.de/content/de/artikel/news/2020/02/20200414_dlr-technologien-fuer-humanitaere-hilfe.html

84 https://decoders.amnesty.org/projects/decode-oil-spills#decode-results

85 https://decoders.amnesty.org/projects/decode-the-difference

86 https://decoders.amnesty.org/

87 https://netzpolitik.org/tag/drohnen/

88 https://reset.org/blog/flugtaxis-der-wenig-durchdachte-traum-vom-fliegen-12022019

89 BDL und BDLI (Hrsg.) (2019): Analyse des deutschen Drohnenmarktes. https://www.bdli.de/sites/default/files/global_upload_upload/Analyse%20des%20deutschen%20Drohnenmarktes.pdf

90 Sesar Joint Undertaking (Hrsg.)(2016): European Drones Outlook Study – Unlocking the value for Europe https://pdfs.semanticscholar.org/2e77/5232ce6cae6ef477d93d0ec5ad7cbce9b0fb.pdf

91 FAA (Hrsg.) (2019): Aerospace Forecast https://www.faa.gov/data_research/aviation/aerospace_forecasts/media/FY2020-40_FAA_Aerospace_Forecast.pdf

92 PriceWaterhouseCooper (Hrsg.) (2017): Clarity from above – Leveraging drone technologies to secure utilities´ systems. https://www.pwc.de/de/energiewirtschaft/pwc-clarity-from-above.pdf

93 https://www.higgs.ch/es-besteht-die-gefahr-dass-der-luftraum-wenigen-privilegierten-vorbehalten-bleibt/38092/?utm_campaign=higgs&utm_medium=email&utm_source=Revue%20newsletter

94 http://lindbergh.aero/

95 https://reset.org/blog/drohnen-schuetzen-nashoerner-und-elefanten-wilderei-10132020

96 https://reset.org/knowledge/mikroplastik-%E2%80%93-klein-fies-und-ueberall-04192018

97 https://www.dfki.de/web/forschung/forschungsbereiche/marine-perception/

98 https://www.dfki.de/web/forschung/projekte-publikationen/projekte-uebersicht/projekt/rs-of-plastic-wb1/

99 https://reset.org/blog/dronecoria-diy-drohnen-als-saathelfer-08252020

100 https://reset.org/blog/saildrone-forschungsdrohnen-fuer-die-vermessung-der-ozeane-10262020

101 https://reset.org/blog/drohnen-ermoeglichen-lieferungen-medizinischer-hilsgueter-waehrend-covid-19-pandemie-11112020

102 http://www.care.org/emergencies/facts-about-landmines

103 https://minekafon.org/

104 http://mttr.net/

105 https://wingcopter.com/technology

106 Markus Christen et al. (2018): Zivile Drohnen - Herausforderungen und Perspektiven. https://www.researchgate.net/publication/329932098_Zivile_Drohnen_Herausforderungen_und_Perspektiven

107 https://www.worldbank.org/en/news/loans-credits/2020/01/10/peru---national-urban-cadaster-and-municipal-support-project

108 https://reset.org/blog/peru-drohnen-bringen-informelle-siedlungen-die-landkarte-um-sie-besser-zu-schuetzen-06092020

109 https://reset.org/blog/werobotics-drohnentechnologie-fuer-mehr-empowerment-05182020

110 https://robots.ieee.org/robots/robobee/

111 BMWi (Hrsg.)(2019): ...mit Drohnen. Unbemanntes Fliegen im Dienst von Mensch, Natur und Gesellschaft. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Technologie/drohnen-unbemanntes-fliegen.pdf?__blob=publicationFile&v=1

112 Mulero-Pazmany et al. (2017): Unmanned aircraft systems as a new source of disturbance for wildlife: A systematic review; https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0178448

113 https://www.bmu.de/themen/wasser-abfall-boden/abfallwirtschaft/abfallarten-abfallstroeme/elektro-und-elektronik-altgeraete/

114 https://www.esa.int/Safety_Security/Clean_Space

115 https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/Shaping_the_Future/Can_citric_acid_be_a_green_alternative_to_protecting_steel

116 https://de.wikipedia.org/wiki/Weltraumvertrag

117 https://www.spektrum.de/news/wie-gefaehrlich-sind-elon-musks-starlink-satelliten/1648728

118 Mariel Borowitz (2017): Open Space - The Global Effort for Open Access to Environmental Satellite Data. https://mitpress.mit.edu/books/open-space

119 https://aws.amazon.com/de/ground-station/

120 https://aws.amazon.com/de/blogs/machine-learning/your-guide-to-ai-and-machine-learning-at-reinvent-2018/

121 https://news.microsoft.com/en-xm/2018/11/12/microsoft-demonstrates-the-power-of-ai-and-cloud-to-oil-and-gas-players-at-adipec-2018/

122 https://cloud.google.com/solutions/energy/

123 Greenpace (Hrsg.)(2020): Oil in the Cloud - How Tech Companies are Helping Big Oil Profit from Climate Destruction. https://www.greenpeace.org/usa/reports/oil-in-the-cloud/

124 https://www.bmi.bund.de/DE/themen/it-und-digitalpolitik/datenethikkommission/datenethikkommission-node.html

125 https://scihub.copernicus.eu/

126 https://earth.esa.int/eogateway/

127 https://www.openspacedata.org/

128 https://www.disastertech.com/

129 https://www.sentinel-hub.com/

130 https://snapplanet.io/

131 https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2020/09/Digital_Twin_Earth

132 https://climate.copernicus.eu/

133 Juliano J. Assunção et al. (2019): DETERring Deforestation in the Brazilian Amazon: Environmental Monitoring and Law Enforcement. http://climatepolicyinitiative.org/publication/deterring-deforestation-in-the-brazilian-amazon-environmental-monitoring-and-law-enforcement/

134 Fanny Moffette et al. (2021): The impact of near-real-time deforestation alerts across the tropics. https://www.nature.com/articles/s41558-020-00956-w

135 Matt Finer et al. (2018): Combating deforestation: From satellite to intervention; http://science.sciencemag.org/content/360/6395/1303.full?ijkey=jV2xcKK.3faX6&keytype=ref&siteid=sci

136 http://www.amazonconservation.org/

137 https://www.spektrum.de/news/staedte-im-weltraum-das-koennte-das-paradies-werden/1835341#Echobox=1613819591?utm_source=pocket-newtab-global-de-DE

138 https://iadc-home.org/

139 https://www.bmu.de/themen/wasser-abfall-boden/abfallwirtschaft/abfallarten-abfallstroeme/elektro-und-elektronik-altgeraete/

140 Delf Rothe et al. (2020): Digital Humanitarianism and the Visual Politics of the Refugee Camp: (Un) Seeing Control. https://academic.oup.com/ips/advance-article/doi/10.1093/ips/olaa021/5941766

141 https://goodmenproject.com/featured-content/half-of-earths-satellites-restrict-use-of-climate-data/

142 https://www.auswaertiges-amt.de/de/aussenpolitik/themen/abruestung-ruestungskontrolle/open-skies/203010

I Um herauszufinden, wie viele Satelliten-Startups im Bereich Nachhaltigkeit aktiv sind, haben wir in der Datenbank Crunchbase (https://www.crunchbase.com/) eine Schlagwortsuche von „Satelliten“ in Kombination mit „Biofuel, Biomass Energy, Clean Energy, Clean Tech, Energy Efficiency, Environmental Engineering, Green Building, Green Consumer Good, Green Tech, Natural Resources, Organic, Pollution Control, Recycling, Renewable Energy, Sustainability, Solar, Water Management, Water Purification und Wind Energy gemacht. (Stand: 15.12. 2020).

II Um herauszufinden, wie viele Drohnen-Startups im Bereich Nachhaltigkeit aktiv sind, haben wir die Datenbank Crunchbase (https://www.crunchbase.com/) nach den Schlagworten „Drohnen“ in Kombination mit Biofuel, Biomass Energy, Clean Energy, Clean Tech, Energy Efficiency, Environmental Engineering, Green Building, Green Consumer Good, Green Tech, Natural Resources, Organic, Pollution Control, Recycling, Renewable Energy, Sustainability, Solar, Water Management, Water Purification und Wind Energy untersucht. (Stand: 15.12. 2020).

Impressum

Herausgeber:
RESET gemeinnützige
Stiftungsgesellschaft
Neuer Wall 10
20354 Hamburg

Büro Berlin:
Holzmarktstraße 25
10243 Berlin

Netz:
www.reset.org
Mail: info@reset.org
Twitter: @RESET_org

Verantwortlich:
Uta Mühleis

Inhaltliche Gesamtkonzeption:
Sarah-Indra Jungblut
Uta Mühleis
Marisa Pettit
Lydia Skrabania

Autor*innen:
Sarah-Indra Jungblut
Marisa Pettit
Lydia Skrabania

Mitautor*innen:
Leonie Asendorpf
Maren Berthold
Katie Cashman
Nadja Hagen
Leander Jones
Niklas Jordan
Ciannait Khan
Katia Mullova
Mark Newton
Tristan Rayner
Monika Rech-Heider
Keno Röller-Siedenburg
Lena Strauß
Maureen Welter
Jan Wisniewski

Mit Unterstützung von:
Shelly Stolz
Sheena Stolz
Lea Wessels

Gestaltung, Illustration, Infografik:
Torge Peters, Studio Nørden

Umsetzung und Layout:
Sophie Bayerlein, Studio Strong

Lizenz:
Dieses Werk steht unter der Creative-Commons-Lizenz „Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0). Der Text der Lizenz ist unter https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/ abrufbar.

Zitiervorschlag:
RESET.org, Greenbook (2): Satelliten und Drohnen – Wertvolle Helfer im Umwelt- und Klimaschutz, 03/ 2021

Gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU):
Diese Publikation ist Teil der Projekt-Förderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU), in deren Rahmen das Redaktionsteam von RESET.org Dossiers zum Thema „Chancen und Potenziale der Digitalisierung für eine nachhaltige Entwicklung“ erstellt.

Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) fördert dem Stiftungsauftrag und dem Leitbild entsprechend innovative, modellhafte und lösungsorientierte Vorhaben zum Schutz der Umwelt unter besonderer Berücksichtigung der mittelständischen Wirtschaft.

Unser besonderer Dank gilt Herrn Dr.-Ing. Jörg Lefèvre (Referatsleiter DBU/ Leiter der AG Digitalisierung & Nachhaltigkeit) für die konstruktive Zusammenarbeit.

gefördert durch
DBU
Deutsche Bundesstiftung Umwelt
www.dbu.de

Über RESET:
Seit mehr als zehn Jahren hat die Nachhaltigkeitsplattform RESET – Digital for Good zwei der größten Themen unserer Zeit im Blick: Nachhaltigkeit und Digitalisierung. RESET setzt sich sowohl mit der Frage auseinander, wie die Digitalisierung für eine nachhaltige Entwicklung eingesetzt als auch wie die Digitalisierung selbst nachhaltig gestaltet werden kann. Auf der Plattform RESET.org zeigt das Redaktionsteam Anwendungsbeispiele, Entwicklungen, Trends und Hintergründe. Als gemeinnützige Stiftungsgesellschaft unterstützt das Berater*innen-Team von RESET zudem Ecopreneure aktiv mit seiner Expertise.

Veröffentlicht im:
März 2021

RESET.org